This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

BOSTON
MEDICAL LIBRARY
8 THE FENWAY

S. R. C.

W. 1177. C

UNTERSUCHUNGEN

ZUR

NATURLEHRE

DES

MENSCHEN UND DER THIERE

HERAUSGEGEBEN

VON

JAC. MOLESCHOTT.

XII. BAND.

MIT SECHS LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

GIESSEN.
VERLAG VON EMIL ROTH.
1881.

CATALOGUED
APR 29 1913
J. F. B.

Alle Rechte vorbehalten.

BOSTON MEDICAL
MAR 11 1913
LIBRARY.

BOSTON MEDICAL
APR 20 1913
LIBRARY

I.

Ueber die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen.

12935

Versuche
der
Doctoren **S. Fubini** und **J. Ronchi.**
Aus dem physiologischen Laboratorium der Turiner Hochschule.

De Milly[1]) bemerkte eines Tages, als er sich im Bade befand, dass sich zahlreiche silberglänzende Bläschen von seiner Haut ablösten und an die Oberfläche des Wassers stiegen. Diese Beobachtung führte zur wichtigen Entdeckung, dass die Haut Kohlensäure ausscheidet; denn nach Einsammlung jenes luftartigen Stoffes konnte sich De Milly, auf Grund einer mit Lavoisier vorgenommenen chemischen Analyse, überzeugen, dass es in der That Kohlensäure ist, die sich von der Oberfläche des Körpers ausscheidet[2]). Viele beschäftigten sich seitdem mit diesem wichtigen Gegenstande, und wurden namentlich zwei Methoden bei den betreffenden Studien eingeschlagen.

Bei dem einen Verfahren hielt man einen Theil des Körpers in einem geschlossenen Raume, dessen Luft vor und nach dem Versuche analysirt wurde; bei dem zweiten dagegen wurde die Luft in dem Raume, worin der untersuchte Körpertheil eingeschlossen war, fortwährend erneuert.

[1]) De Milly, „Mémoires sur une substance aériforme qui émane du corps humain et sur la manière de la recueillir." Mémoires de l'Académie royale des sciences, 1777, p. 221 à 224.

[2]) „Second mémoire sur le gaz animal, par le comte De Milly". Mémoires de l'Académie, etc., 1777, p. 360—62.

Seguin, Lavoisier, Abernethy, Gerlach verfuhren in der ersterwähnten Weise; aber seit den Versuchen von Regnault und Reiset hielten sich im Allgemeinen die Physiologen an das zweite Verfahren, weil sich bei diesem der Körper unter Verhältnissen befindet, die den normalen möglichst nahe kommen.

Zur Trennung der Produkte der Haut-Transpiration von denen der Lungen-Athmung, bedienten sich Seguin und Lavoisier[1]) eines mit elastischem Gummi überzogenen Taffet-Mantels, der sowohl für Luft als für Wasserdämpfe undurchdringlich war.

Die Produkte der Lungen-Respiration wurden ausserhalb des Apparates aufgefangen; die der Haut-Transpiration suchte man innerhalb des Taffet-Sackes auf.

Abernethy[2]), dessen Schrift uns nach einem Citat von Reinhard bekannt ist, stellte eine Reihe von Versuchen in mannigfacher Weise an, um die Haut-Perspiration zu erforschen, und ein von ihm angewandtes Verfahren bestand darin, dass ein mit atmosphärischer Luft angefülltes Glasgefäss über Quecksilber umgestürzt wurde, worauf der Beobachter eine Zeit lang die Hand in jenem geschlossenen Raume hielt.

Nach einiger Zeit wurden die in jenem Behälter aufgefangenen Produkte der Haut-Perspiration analysirt.

Gerlach[3]) schloss, zur Beobachtung des Haut-Athmens beim Menschen und bei verschiedenen anderen Thieren, einen Theil des Körpers in eine frische Harnblase vom Pferde ein, die er in zweckmässiger Weise mit ihren Rändern an der Hautoberfläche befestigte. In diesem geschlossenen Raume wurde die Luft vor und nach dem Versuche auf ihre chemische Zusammensetzung geprüft.

---

[1]) Seguin und Lavoisier, „Premier mémoire sur la transpiration des animaux". — Oeuvres de Lavoisier. Paris, 1862 tome II. Mémoire de chimie et de physique, p. 708. — Seguin et Lavoisier, „Second mémoire sur la transpiration." — Annales de chimie. Paris, 1814, tome XC, p. 8—9.

[2]) Abernethy, „Surgical and Physiological Essays". London, 1793—97.

[3]) Gerlach, „Ueber das Hautathmen". Müller's Archiv, 1851, S. 433 ff.

Scharling[1]) sperrte das Individuum, an welchem er experimentirte, in einen hölzernen Kasten von 1 Cub.-Meter Rauminhalt ein; durch sinnreiche Vorrichtungen sorgte er für den hermetischen Verschluss des Kastens, während im Inneren desselben ein continuirlicher Luftstrom unterhalten wurde.

Regnault und Reiset[2]) schlossen das Versuchsthier (Kaninchen, Huhn, Hund) in einen undurchdringlichen Sack ein, während der Kopf des Thieres frei in die Luft vorragte. Der Sack bestand aus Leinwand, mit Kautschuk bestrichen. Mittelst eines Aspirators wurde darin ein ununterbrochener Luftstrom unterhalten.

Wie Regnault und Reiset selbst bemerken, werden bei diesem Verfahren, ausser den gasartigen Hautprodukten, auch die vom Darmkanal herrührenden mit aufgefangen.

Es ist dies eine Bemerkung, die vielleicht auch auf die Methode von Seguin und Lavoisier, so wie auf die von Aubert Anwendung findet. Letztgenannter Forscher machte seinen Vorgängern auf diesem Gebiete den Einwurf, dass sich ihre Beobachtungen auf einen beschränkten Theil der Körperoberfläche bezogen, was allerdings zu fehlerhaften Schlüssen führte. Aus diesem Umstande suchte er auch fernere Schlüsse zu ziehen, um die Abweichungen zwischen den von verschiedenen Forschern gewonnenen Werthen zu erklären.

Aubert[3]) und sein Schüler Lange gingen darauf aus, die Kohlensäure-Ausdünstung für die Oberfläche des ganzen Körpers, mit einziger Ausnahme des Kopfes, zu bestimmen. Zum Auffangen

---

[1]) Scharling, „Recherches sur la quantité d'acide carbonique expiré par l'homme dans les vingt-quatre heures". Annales de chimie et de physique. Paris, 1843, IIIe série, tome VIII, p. 480. — Scharling, „Fortsatte Forsög for at bestemme den Mängde Kulsyre et Menneske udaander i 24 Timer" in „Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Naturwidenskabelige og Mathematiske Afhandlinger". Kjöbenhavn, 1845, S. 381 ff.

[2]) Regnault et Reiset, „Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes". Annales de chimie et de physique. Paris, 1849, IIIe série, tome XXVI, p. 506.

[3]) Hermann Aubert, „Untersuchungen über die Menge der durch die Haut des Menschen ausgeschiedenen Kohlensäure". In Pflügers Archiv, VI. Band, 1872, S. 540.

der Perspirationsgase bedienten sie sich eines Kastens von starkem Holz, von solcher Form und Grösse (139 Liter), dass ein Mensch darin bequem sitzen und kleine Bewegungen ausführen konnte. Die Wände dieses Kastens waren innen und aussen gefirnisst, die Fugen sorgfältig geleimt und von aussen mit Fensterkitt überstrichen. Die vordere Wand hatte eine grosse, zum Ein- und Austritte der Versuchsperson bestimmte Oeffnung, die während der Beobachtung durch eine genau und fest zwischen Holzrahmen eingepresste Platte von schwarzem Kautschuk verschlossen wurde, worauf man noch die Fugenränder mit Fensterkitt verschmierte. Den Deckel bildete eine andere Kautschukplatte, mit eingebranntem Loche von 8 Centim. Durchmesser, durch welches der Kopf hindurchgezwängt werden musste. Die Versuchsperson trat in den Kasten unbekleidet und nahm einen kleinen Blasebalg mit, um die Luft durch einander zu mischen und von der Haut wegzublasen.

Die atmosphärische Luft wurde vor ihrem Eintritte in den Kasten von ihrem Kohlensäure-Gehalte befreit, und nach dem Austritte der Analyse unterworfen. Letzteres geschah nach dem von Franz Schulze[1]) modificirten Pettenkofer'schen Verfahren. — Jeder Versuch dauerte zwei Stunden.

Aubert und Lange prüften auch noch die Ausdünstung wasserfreier Kohlensäure von der Oberfläche der Hand, die zu diesem Behufe in einen am Handgelenke festgebundenen Beutel eingeschlossen wurde.

Reinhard[2]) stellte ebenfalls einige Versuche über die Perspiration von Kohlensäure beim Menschen an und bediente sich hiebei des Voit'schen Apparates, das dem grossen Pettenkofer'schen Apparate zur Messung und Analyse des Luftstromes analog construirt ist. Er legte die Hand und den Arm in ein Glasgefäss, durch welches atmosphärische Luft hindurchgetrieben wurde. Im

[1]) A. a. O., S. 541—42.

[2]) Reinhard, „Beobachtungen über die Abgabe von Kohlensäure und Wasserdunst durch die Perspiratio cutanea". In der Zeitschrift für Biologie, V. Band, 1869, S. 33—36.

Ganzen liegen von Reinhard nur zwei Versuche über die Kohlensäure-Ausscheidung durch die Haut vor, indem, wie es scheint, sein Hauptzweck nur in der Prüfung der Wasserdampf-Exhalation lag.

Röhrig[1]) beschäftigt sich in seiner physiologischen Monographie der Haut mit der Kohlensäure-Perspiration der oberen Extremitäten.

Er brachte den Arm bis zur Achselhöhle hinauf in einen 1 Meter langen und entsprechend breiten Blechkasten. Dieser schloss ganz luftdicht und war am oberen Ende mit einer dünnen Kautschukplatte bedeckt, welche in ihrer Mitte eine Oeffnung hatte, weit genug, um den ganzen Arm hindurch zu schieben, ohne dass dessen Gefässe einen für den Blutlauf störenden Druck erlitten. Die durch den Bunsen'schen Saugapparat in Bewegung gesetzte Luft wurde vor ihrem Eintritte in den Kasten von der Kohlensäure und den Wasserdämpfen ganz befreit.

Die physio-pathologischen Untersuchungen von Röhrig beschränkten sich auf den linken Arm, und die Zahl seiner Versuche überstieg nicht zwanzig.

Bei unseren Nachforschungen hatten wir nur die Ausscheidung wasserfreier Kohlensäure durch die Haut des Vorderarmes und der Hand beider Körperhälften im Auge.

Wir bedienten uns dabei einer 50 Centim. langen Glasröhre, die an dem einen breit offenen Ende einen Durchmesser von 9 Centim., am anderen eine Oeffnung von geringen Dimensionen hatte. Sie besass überdies zwei andere Oeffnungen, durch deren eine ein Thermometerrohr durchgesteckt war, während die andere mit dem Apparat *NOP* in Verbindung stand.

Bei den Versuchen wurde folgendes Verfahren eingehalten (s. die Abbildung Tabelle I).

Nach Einführung der Hand und des Vorderarmes in die Röhre *M*, wurde der Verschluss ihrer Hauptöffnung mittelst eines breiten Kautschukringes bewerkstelligt, der mit dem einen Endrande das Ellbogengelenk umfasste, mit dem anderen um den Rand der Röhren-

[1]) A. Röhrig, „Die Physiologie der Haut". Berlin, 1876, S. 18—20.

mündung luftdicht gebunden war. Hierauf wurde das Rohr *D* mit den Gefässen *NOP* in Verbindung gebracht, worin die aspirirte Luft ihre Kohlensäure absetzte, während die Produkte der Hautausdünstung in den später zu beschreibenden linken Theil des Apparates gingen. Der Saugapparat *A* bewirkte eine Luftströmung in der Richtung von *F* nach *G*.

Vor ihrem Eintritte in die Röhre *M* musste die Luft die drei Flaschen *P O N* passiren, deren erste und dritte eine concentrirte Kali-Lösung, die mittlere eine concentrirte Baryt-Lösung enthielt. So gelangte die Luft in die Röhre *M* gänzlich von ihrem Kohlensäure-Gehalte befreit.

Beim Austritte aus der Röhre *M* wurden ihr zunächst in *S* und in *C* mittelst reiner concentrirter Schwefelsäure und Chlorcalcium ihre Wasserdämpfe entzogen. Hierauf liess sie ihren sämmtlichen Kohlensäure-Gehalt in der Kali-Lauge, womit der Liebig'sche Apparat zu drei Vierteln angefüllt war und im festen Aetzkali, das sich in den Röhren *K* und *K'* befand. Die zu einem Drittel mit Schwefelsäure angefüllte Flasche *S'* war mit dem Saugapparate *A* in Verbindung gesetzt.

Mittelst einer für $^1/_{10}$ Milligramm empfindlichen Wage wurden der Liebig'sche Kugelapparat und die Röhrchen *U* vor und nach dem Versuche genau gewogen. Aus dem Gewichtsunterschiede ergab sich die Menge der von dem Vorderarme und der Hand in der gegebenen Zeit ausgeschiedenen Kohlensäure, und danach liess sich leicht die entsprechende Menge für 24 Stunden berechnen, um den Vergleich mit den von anderen Physiologen bestimmten Werthen bequemer zu machen.

Die Versuche wurden abwechselnd mit dem Vorderarme und der Hand der rechten und der linken Körperhälfte vorgenommen; so hatte man den Vortheil, die Versuche mehrere Male im Laufe des Tages wiederholen und die Versuchsperson wechselnden Verhältnissen unterwerfen zu können, ohne im Allgemeinen auf bedeutende Abweichungen zu stossen.

Vorderarm und Hand verblieben während des Versuches im

Zustande der Ruhe, und die Dauer der Versuche wechselte zwischen 30′ und 50′.

Scharling[1]) hat nachgewiesen, dass es unzweckmässig ist den Versuch auf mehrere Stunden auszudehnen; und auch wir haben erfahren, wie nachtheilig es für den Versuch werden kann, wenn Vorderarm und Hand längere Zeit in derselben Lage verbleiben.

Unsere Versuche wurden sämmtlich an der Person des Dr. R . . . angestellt. Derselbe ist 27 J. alt, von 1 Meter 62 Centim. Körperhöhe; sein Körpergewicht beträgt 50 Kilogr.; die Lungencapacität 3200 Cub.-Cent.; der Umkreis des Brustkastens 82 Centim.; die Muskel-Zugkraft 110 Kilogr. Während der mehrmonatlichen Dauer der Versuche erfuhren seine Gesundheitsverhältnisse keine erheblichen Schwankungen.

Die Kohlensäure-Ausscheidung durch die Haut steht mit den Blutlaufs-Verhältnissen in engem Zusammenhange. Alle Momente die auf letztgenannten Factor einwirken können, üben daher auch einen Einfluss auf die Kohlensäure-Ausdünstung der Haut aus.

Mannigfach sind die Causalmomente, von denen die wechselnde Capacität der Blutgefässe und hiemit die wechselnde Geschwindigkeit des Blutlaufes in verschiedenen Körperregionen abhängt, und viele derselben können gewiss auch dem aufmerksamsten Beobachter entgehen.

Es ergiebt sich in der That aus den Untersuchungen von Mosso und von Franck[2]), die uns ein werthvolles Verfahren zum Ablesen der Bewegungen der Blutgefässe beim Menschen angegeben haben, dass schon der wechselnde Rhythmus der Athembewegungen Veränderungen in den peripheren Gefässen des Körpers hervorzubringen vermag; ferner zeigen insbesondere die Untersuchungen von Mosso, dass sich sogar die Thätigkeit des Gehirns in wechselnden Gefässzuständen der Gliedmassen abspiegelt.

---

[1]) Scharling, „Recherches, etc.“ a. a. O., S. 483.

[2]) Mosso, „Sopra un nuovo metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell' uomo“. Torino, 1875, p. 21—33. — Franck, „Changements de volume des organes sous l'influence de la circulation“. — Gazette hebdomadaire. Paris, 1875, p. 562.

„Damit sich das Volum einer Extremität", schreibt Mosso [1]), „möglichst constant erhalte, ist, so zu sagen, absolute Ruhe erforder- „lich; denn es genügt die geringste Gemüthsbewegung, um das „Gleichgewicht des Gefässsystems zu stören."

Und indem er weiter die Anwendungen seines Plethysmographen bespricht, fügt er hinzu [2]): „wir haben hier einen Apparat vor uns, „womit wir selbst solche Gemüthseindrücke aufzuschreiben vermögen, „die sich gar nicht im Gesichtsausdrucke abspiegeln und nur ganz „leise durch die Herzschläge verrathen."

Aus der Gesammtheit dieser Thatsachen leuchtet die Schwierigkeit ein, ein sicheres Urtheil über alle die ursächlichen Momente zu fällen, welche in der Kohlensäure-Ausdünstung der Haut quantitative Schwankungen zu veranlassen im Stande sind.

Die Fragen, auf deren Lösung unsere Versuche gerichtet waren, sind vielerlei Art, und haben wir uns bei diesen Nachforschungen bemüht, in jeder Versuchsgruppe möglichst zahlreiche Einzelversuche anzustellen, um eben durch ihre grosse Anzahl den Einfluss solcher auf den Zustand der Gefässe einwirkender Ursachen zu eliminiren, die unserer Betrachtung entgangen sein konnten.

Zunächst wollen wir erwähnen, dass unter den äusseren Einflüssen, die auf unseren Körper einwirken können, wir den Antheil zu ermitteln gesucht haben, welchen etwa der Luftdruck an den quantitativen Schwankungen der Kohlensäure-Ausdünstung der Haut haben mag.

Dank der Freundlichkeit des Prof. Levi, konnten wir uns aus der hiesigen Sternwarte die Tabellen des täglich alle 6 Stunden aufgenommenen Luftdrucks zur Ansicht verschaffen.

Der Luftdruck, unter welchem unsere Versuche angestellt wurden, wechselte zwischen 727 und 742 Millim.

Die unter dieser Druckverschiedenheit ausgeschiedenen Kohlensäure-Mengen lieferten widersprechende Resultate, was vielleicht auch daran liegen mag, dass die Grenzen, innerhalb deren wir zu expe-

[1]) A. a. O., S. 21.
[2]) A. a. O., S. 21.

rimentiren Gelegenheit hatten, nicht sehr breit waren. Daher können wir in dieser Beziehung auch keine Schlussfolgerungen ziehen.

Seitdem Moleschott [1]) den Einfluss des Lichts auf den Stoffwechsel dargethan, haben in dieser Richtung Selmi und Piacentini [2]), Robert Pott [3]), Otto von Platen [4]) und einer von uns [5]) weitere Forschungen angestellt; und alle bestätigten die von Moleschott entdeckte Thatsache, dass die Thiere bei Licht mehr Kohlensäure ausscheiden als in der Dunkelheit.

Das lebhafte Interesse, das sich an diese physiologische Frage knüpft, veranlasste uns, auch danach zu forschen, ob das Licht nicht einigen Einfluss auf die Kohlensäure-Ausdünstung der menschlichen Haut ausübe.

Wir stellten die diesbezüglichen Versuche jedes Mal nach der Mahlzeit an, weil dieses ein Zeitpunkt ist, wo die Kohlensäureabgabe der Haut, wie wir später zeigen werden, eine Steigerung erfährt, bei höheren Werthen aber die etwaigen Abweichungen augenfälliger werden.

Bei den unter Luftzutritt angestellten Versuchen wurde der im recht sauber gehaltenen Glasbehälter eingeschlossene Arm vor das Fenster gebracht und einer mässigen Beleuchtung ausgesetzt.

Um den Einfluss der Lichtentziehung zu prüfen, wurden die Versuche in möglichst dunklem Zimmer angestellt.

---

[1]) Moleschott, „Ueber den Einfluss des Lichts auf die Menge der vom Thierkörper ausgeschiedenen Kohlensäure", in der Wiener Mediz. Wochenschrift 1855, Nr. 43.

[2]) Selmi e Piacentini, „Dell' influenza dei raggi colorati sulla respirazione". — Rendiconti del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere, 1870, serie II, vol. III, p. 51.

[3]) Robert Pott, „Vergleichende Untersuchung über die Mengenverhältnisse der durch Respiration und Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure bei verschiedenen Thierspecies in gleichen Zeiträumen, nebst einigen Versuchen über Kohlensäureausscheidung desselben Thieres unter verschiedenen physiologischen Bedingungen". Jena, 1875.

[4]) Otto v. Platen, „Ueber den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel". — Pflüger's Archiv, 1875, XI. Band, S. 272.

[5]) Fubini, „Respiration cutanée des grenouilles, sous le point de vue de l'influence de la lumière", in den Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris, 1876.

Tabelle I. S. 11 zeigt die bei unseren Versuchen gewonnenen Werthe.

Mittelwerthe der binnen 24 Stunden durch den Vorderarm und die Hand ausgeschiedenen CO_2-Mengen bei

Licht	*Dunkelheit*
406,8	358,1.

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen, dass die mittlere Menge der in der Dunkelheit ausgeschiedenen Kohlensäure sich zu der bei Lichtzutritt ausgeschiedenen verhält wie 100 : 113.

Nicht ohne Interesse wird es sein, hier eine vergleichende Zusammenstellung der in dieser Hinsicht von verschiedenen Beobachtern, und zwar an verschiedenen Thierarten, gewonnenen Mittelwerthe zu entwerfen, da man daraus ersieht, dass die von Moleschott an unversehrten Fröschen ermittelte Thatsache bereits für verschiedene Thierarten und selbst für den Menschen bestätigt ist.

Jahreszahl des Versuches	Name des Beobachters	Versuchs-Thier	Verhältniss der ausgeschiedenen CO_2 bei	
			Licht	Dunkelheit
1855	Moleschott	Unversehrter Frosch	125	100
1872	Selmi und Piacentini	Hund	121	100
1875	Otto von Platen	Kaninchen	114	100
1875	Pott	Maus	123	100
		Hund	122	100
1876	Fubini	Frosch nach Exstirpation der Lungen	134	100
1876	Fubini und Ronchi	Mensch	113	100

Eine ganz specielle Beachtung verdient ferner der Einfluss der verschiedenen Wärmegrade auf die Menge der durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäure.

Gerlach, Röhrig, Aubert haben über diesen Gegenstand sorgfältige Untersuchungen angestellt. Ihre Angaben lauten einstimmig

Tabelle I.

Menge der durch den Vorderarm und die Hand nach der Mahlzeit bei Licht und in der Dunkelheit ausgeschiedenen Kohlensäure.

Ordnungszahl und Tag des Versuches	Temperatur des Behälters, worin Vorderarm und Hand eingeschlossen waren	Ausgeschiedene CO_2-Mengen in Milligramm auf 24 Stunden berechnet		Ordnungszahl und Tag des Versuches	Temperatur des Behälters, worin Vorderarm und Hand eingeschlossen waren	Ausgeschiedene CO_2-Mengen in Milligramm auf 24 Stunden berechnet	
		Licht	Dunkel			Licht	Dunkel
I 2 April	20° C.	168		XXXIX 19 Mai	21° C.	269	
II 2 „	20		245	XL 19 „	22		259
III 9 „	18		216	XLI 20 „	18,5	154	
IV 9 „	22	274		XLII 20 „	20	163	
V 11 „	23	240		XLIII 21 „	23,5		245
VI 11 „	21		211	XLIV 22 „	23,5		202
VII 12 „	24		466	XLV 23 „	24		298
VIII 12 „	22	240		XLVI 25 „	23	605	
IX 12 „	23		269	XLVII 25 „	21		288
X 17 „	16	230		XLVIII 26 „	23		494
XI 17 „	16	277		XLIX 26 „	21		242
XII 18 „	20		307	L 27 „	24	595	
XIII 19 „	21	244		LI 27 „	23		398
XIV 19 „	21	235		LII 28 „	23		509
XV 20 „	17	341		LIII 28 „	22		350
XVI 21 „	18	240		LIV 29 „	23	595	
XVII 21 „	18	245		LV 29 „	23,5		509
XVIII 22 „	18	226		LVI 31 „	25,5	504	
XIX 22 „	22		293	LVII 31 „	27		571
XX 23 „	23	408		LVIII 1 Juni	26,5	528	
XXI 24 „	18	370		LIX 1 „	27		595
XXII 25 „	22		230	LX 5 „	28	514	
XXIII 30 „	23		226	LXI 5 „	29	725	
XXIV 1 Mai	21	216		LXII 5 „	27		756
XXV 3 „	23		278	LXIII 6 „	26,5	528	
XXVI 4 „	24		206	LXIV 9 „	26,5	654	
XXVII 5 „	18	252		LXV 10 „	26		415
XXVIII 6 „	23		221	LXVI 12 „	26	518	
XXIX 8 „	18,5	264		LXVII 14 „	25	634	
XXX 9 „	17	222		LXVIII 14 „	28	725	
XXXI 9 „	21		206	LXIX 14 „	25,5		494
XXXII 12 „	24		331	LXX 15 „	28	749	
XXXIII 13 „	21,5	226		LXXI 18 „	27	648	
XXXIV 13 „	21		370	LXXII 24 Juli	30	826	
XXXV 14 „	24	278		LXXIII 24 „	29,5	638	
XXXVI 15 „	17	178		LXXIV 25 „	27	643	
XXXVII 16 „	23		446	LXXV 27 „	29	658	
XXXVIII 17 „	21,5	245		LXXVI 27 „	30		672

dahin, dass höhere Temperaturen eine Vermehrung der durch die perspiratio cutanea gelieferten Kohlensäure bewirken.

Es unterliegt keinem Zweifel, sagt Aubert [1]), dass die Temperatur der umgebenden Luft einen sehr grossen Einfluss auf die Kohlensäure-Ausdünstung der Haut ausübe; und seine Zahlen beweisen es in der That unzweideutig.

Röhrig [2]) verfuhr in der Weise bei seinen Untersuchungen über den Einfluss der verschiedenen Temperaturen auf die perspiratio cutanea, dass er den blechernen Kasten, worin er seinen Arm hielt, in einen grösseren Behälter hineinbrachte, der zur Hälfte mit verschieden temperirtem Wasser, resp. mit Eisstücken und Wasser angefüllt war.

Unsere Versuche über die Kohlensäure-Ausscheidung der Haut sind in den Monaten April, Mai, Juni und Juli ausgeführt worden; wir hatten daher Gelegenheit, unter dem Einflusse verschiedener Temperaturen, die zwischen 16° und 30° C. wechselten, zu experimentiren.

Die Vermehrung der Kohlensäure-Ausdünstung steht im graden Verhältnisse zu der Steigerung der Temperatur.

Bei der Darstellung der bei diesen Versuchen gewonnenen Werthe können wir dieselben in drei Gruppen eintheilen: die erste umfasst die Versuche, die zwischen 16° und 20° C. angestellt wurden; die zweite diejenigen, bei welchen die Temperatur zwischen 20° und 24° C. wechselte; die dritte endlich solche, bei welchen die Grenzen der Temperaturschwankungen zwischen 24° und 30° C. lagen.

Nebenbei zerfallen unsere Versuche über den Einfluss der Wärmegrade in zwei Reihen, indem wir unter zwei verschiedenen Bedingungen, nämlich vor und nach der Mahlzeit, experimentiren konnten.

[1]) A. a. O., S. 550.
[2]) A. a. O., S. 21.

Tabelle IIa.

Mengen der durch den Vorderarm und die Hand im nüchternen Zustande bei verschiedenen Wärmegraden ausgeschiedenen Kohlensäure.

Ordnungszahl und Datum des Versuches	Temperatur des Behälters 16°—20° C.	CO_2-Mengen in Milligr. auf 24 Stund. berechnet	Ordnungszahl und Datum des Versuches	20°—24° C.	CO_2-Mengen in Milligr. auf 24 Stund. berechnet	Ordnungszahl und Datum des Versuches	24°—30° C.	CO_2-Mengen in Milligr. auf 24 Stund. berechnet
I 9 April	20	130	I 23 Mai	22	245	I 1 Juni	25	514
II 10 „	17	259	II 24 „	23,5	235	II 4 „	25,5	706
III 13 „	20	154	III 27 „	21	355	III 5 „	25,5	624
IV 13 „	20	230	IV 29 „	22,5	240	IV 7 „	27,5	638
V 15 „	17	192	V 30 „	21	283	V 8 „	26	537
VI 15 „	17	240	VI 30 „	22,5	336	VI 8 „	30	782
VII 18 „	18	211	VII 31 „	23	336	VII 9 „	26	528
VIII 18 „	18	202	VIII 2 Juni	21,5	293	VIII 10 „	24,5	581
IX 19 „	18	192	IX 3 „	21	208	IX 14 „	25	600
X 20 „	16	139	X 3 „	23	288	X 15 „	24,5	610
XI 20 „	17	173	XI 10 „	24	466	XI 19 „	25	648
XII 22 „	17	202	XII 12 „	22	324	XII 19 „	26	533
XIII 23 „	18	236	XIII 18 „	24	413	XIII 24 Juli	28	504
XIV 24 „	19	134				XIV 25 „	26,5	576
XV 26 „	20	192						
XVI 1 Mai	17	158						
XVII 1 „	17	149						
XVIII 15 „	18	216						
XIX 17 „	18,5	206						
XX 21 „	18	173						
XXI 24 „	20	197						
XXII 26 „	19,5	187						
XXIII 27 „	19,5	173						
XXIV 2 Juni	19	259						

Mittelwerthe der im nüchternen Zustande von dem Vorderarme und der Hand erhaltenen CO_2-Menge, auf 24 Stunden berechnet, bei den Temperaturen von

16° — 20° C.	20° — 24° C.	24° — 30° C.
191,8	309,3	598,7.

Tabelle IIb.

Mengen der durch den Vorderarm und die Hand nach der Mahlzeit bei verschiedenen Wärmegraden ausgeschiedenen Kohlensäure.

Ordnungszahl und Datum des Versuches	Temperatur des Behälters 16°—20° C.	CO_2-Mengen in Milligr. auf 24 Stund. berechnet	Ordnungszahl und Datum des Versuches	20°—24° C.	CO_2-Mengen in Milligr. auf 24 Stund. berechnet	Ordnungszahl und Datum des Versuches	24°—30° C.	CO_2-Mengen in Milligr. auf 24 Stund. berechnet
I 2 April	20	168	I 9 April	22	274	I 31 Mai	25,5	504
			II 11 „	23	240			
II 2 „	20	245	III 11 „	21	211	II 31 „	27	571
			IV 12 „	24	466	III 1 Juni	26,5	528
III 9 „	18	216	V 12 „	24	240			
			VI 12 „	23	269	IV 1 „	27	595
IV 17 „	16	230	VII 19 „	21	244	V 5 „	28	514
			VIII 19 „	21	235			
V 17 „	16	277	IX 22 „	22	293	VI 5 „	29	725
			X 23 „	23	408	VII 5 „	27	756
VI 18 „	20	307	XI 25 „	22	230			
			XII 30 „	23	226	VIII 6 „	26,5	528
VII 20 „	17	341	XIII 1 Mai	21	216	IX 9 „	26,5	654
			XIV 3 „	23	278			
VIII 21 „	18	240	XV 4 „	24	206	X 10 „	26	415
			XVI 6 „	23	221	XI 12 „	26	518
IX 21 „	18	245	XVII 9 „	21	206			
			XVIII 12 „	24	331	XII 14 „	25	634
X 22 „	18	226	XIX 13 „	21,5	226	XIII 14 „	28	725
			XX 13 „	21	370			
XI 24 „	18	370	XXI 14 „	24	278	XIV 14 „	25,5	494
			XXII 16 „	23	446	XV 15 „	28	749
XII 5 Mai	18	252	XXIII 17 „	21,5	245			
			XXIV 19 „	21	269	XVI 18 „	27	648
XIII 8 „	18,5	264	XXV 19 „	22	259	XVII 24 Juli	30	826
			XXVI 21 „	23,5	245			
XIV 9 „	17	222	XXVII 22 „	23,5	202	XVIII 24 „	29,5	638
			XXVIII 23 „	24	298	XIX 25 „	27	643
XV 15 „	17	178	XXIX 25 „	23	605			
			XXX 25 „	21	288	XX 27 „	29	658
XVI 20 „	18,5	154	XXXI 26 „	23	494	XXI 27 „	30	672
			XXXII 26 „	21	242			
XVII 20 „	20	163	XXXIII 27 „	24	595			
			XXXIV 27 „	23	398			
			XXXV 28 „	23	590			
			XXXVI 28 „	22	350			
			XXXVII 29 „	23	595			
			XXXVIII 29 „	23,5	509			

Mittelwerthe der nach der Mahlzeit von dem Vorderarme und der Hand erhaltenen CO_2-Menge, auf 24 Stunden berechnet, bei den Temperaturen von

16°—20° C.	20°—24° C.	24°—30° C.
241	321,5	618,8.

Aubert [1]) hatte zur Ermittelung des Einflusses der verschiedenen Wärmegrade auf die Kohlensäure-Ausscheidung der Haut sieben Versuche angestellt.

Da diese seine Beobachtungen, wiewohl zwischen etwas zu engen Grenzen ausgeführt, dennoch für höhere Temperaturen ein grades Verhältniss zwischen dem Zuwachse derselben und der Steigerung der Kohlensäure-Exhalation ergeben, so wird es nicht ohne Interesse sein, die von ihm ermittelten Werthe in folgender Tabelle zusammenzustellen:

Ordnungszahl des Versuches	Temperatur	Mengen der vom menschlichen Körper ausgeschiedenen CO_2 in Gramm.
I.	29°,6 C.	2,9
II.	30°	3,24
V.	31°,1	3,78
III.	31°,3	3,84
VI.	32°	4,7
VII.	33°	6,3

Röhrig [2]), der eine zu geringe Anzahl von Versuchen anstellte, erhielt folgende Werthe:

	Temperatur	CO_2-Menge
I.	22°,5 — 28° C.	0,048
II.	10°,5 — 11°,5 C.	0,011

[1]) A. a. O., S. 550.
[2]) A. a. O., S. 21.

Das Schlussergebniss der von diesen beiden Forschern angestellten Versuche stimmt völlig mit dem Resultate unserer langen Versuchsreihen überein.

Der Einfluss der Temperatur auf die Kohlensäurebildung war schon von Moleschott[1]) bei den Batrachiern nachgewiesen worden, indem er fand, dass die vom Frosche ausgeschiedene Kohlensäure-Menge bei steigender Temperatur unabhängig vom Lichte steigt, ebenso wie sie bei steigender Beleuchtung unabhängig von der Temperatur wächst.

Vierordt[2]) ist bei seinen Versuchen über das Lungenathmen beim Menschen zu umgekehrten Ergebnissen gekommen, indem er bei steigender Wärme eine Abnahme der exspirirten Kohlensäure-Menge beobachtete.

Doch liegt darin offenbar kein Widerspruch; denn die Erfahrungen über die Hautperspiration bestätigen das für die Batrachier gefundene Gesetz; und wenn man bedenkt, dass beim Lungenathmen gewisse Factoren, wie Ausgiebigkeit der Athembewegungen, Menge der inspirirten Luft, in Betracht kommen, die auf das Hautathmen keinen Einfluss haben, so ist man genöthigt den Grund der verschiedenen Ergebnisse darin zu erkennen, dass dasselbe Agens verschiedene Wirkungen hervorbringen kann, wenn der Ort, an dem es angreift, nicht derselbe bleibt.

Die Nahrungsaufnahme bewirkt Veränderungen in der durch die Haut ausgeschiedenen Kohlensäuremenge. Schon Spallanzani[3]) beobachtete, dass bei Fröschen nach der Fütterung eine grössere Menge Kohlensäure ausgeschieden wird, als beim Fasten. Scharling[4]) sagt in den Schlussfolgerungen einer seiner Arbeiten,

---

[1]) Moleschott, „Ueber den Einfluss der Wärme auf die Kohlensäure-Ausscheidung der Frösche". In diesen Untersuchungen, II. Band, 1857, S. 344.

[2]) Vierordt, „Physiologie des Athmens", 1845, S. 79 und 256—57.

[3]) „Rapports de l'air avec les êtres organisés, ou Traité de l'action du poumon et de la peau des animaux sur l'air, comme de celle des plantes sur ce fluide". — Tiré des journaux d'observations de Lazare Spallanzani par Jean Senebier. Genève, 1807, tome I, p. 433—34 et 469.

[4]) „Annales de Chimie", a. a. O. S. 490.

dass der Mensch mehr Kohlenstoff nach der Mahlzeit verbrennt als im nüchternen Zustande.

Mit Umgehung vieler Anderer, die über das Lungenathmen Versuche angestellt haben, wollen wir nur erinnern, dass auch Vierordt[1]) bei seinen classischen Untersuchungen über das Athmen die Thatsache feststellte, dass während der Verdauung die Lungen eine grössere Menge Kohlensäure ausscheiden.

Auch Röhrig[2]) giebt an, dass die Kohlensäure-Bildung während der Verdauung steigt, beim Fasten abnimmt.

Schon vor mehr als 30 Jahren hatte Boussingault[3]) dasselbe für das Athmungsgeschäft der Vögel angegeben.

Indem auch wir diesem Gegenstande unsere Aufmerksamkeit zuwendeten, stellten wir unsere Versuche theils bei nüchternem Zustande des Individuums (15 bis 18 Stunden nach der Nahrungsaufnahme), theils während der Verdauungszeit, nämlich 1—3 Stunden nach der Mahlzeit, an. (Siehe Tabelle III. S. 18 und 19.)

Wie aus den Zahlen dieser Tabelle ersichtlich, ist beim Menschen die Kohlensäure-Ausscheidung der Haut geringer im nüchternen Zustande, als nach der Mahlzeit, und zwar würden sich, unseren Versuchen zu Folge, die betreffenden Mittelwerthe zu einander wie 333,4 : 375,7 oder wie 100 : 112 verhalten.

Auch der Einfluss, welchen die Art der Nahrung auf das Respirationsgeschäft ausübt, erweckte das Interesse der Physiologen.

In dem classischen Werke von Moleschott über die Nahrungsmittel[4]) ist, gestützt auf die Untersuchungen von Dulong und Despretz, der Satz ausgesprochen, dass auf die Einheit des auf-

[1]) Vierordt, a. a. O., S. 95.

[2]) A. a. O., S. 24.

[3]) Boussingault, „Analyses comparées de l'aliment consommé et des excréments rendus par une tourterelle, entreprises pour rechercher s'il y a exhalation d'azote pendant la respiration des granivores". — Annales de chimie et de physique. Paris 1844, IIIe série, tome XI, p. 449.

[4]) Moleschott, „Physiologie der Nahrungsmittel". Ein Handbuch der Diätetik, zweite Auflage, 1859, S. 517.

Ta-

Menge der durch den Vorderarm und im nüchternen Zustande,

Ordnungszahl und Datum des Versuches	Temperatur des Behälters, der den Vorderarm und die Hand aufnahm.	CO_2-Menge in Milligramm auf 24 Stunden berechnet	Ordnungszahl und Datum des Versuches	Temperatur des Behälters, der den Vorderarm und die Hand aufnahm.	CO_2-Menge in Milligramm auf 24 Stunden berechnet
I 9 April	20°	130	XXVII 29 Mai	22,5	240
II 10 „	17	259	XXVIII 30 „	21	283
III 13 „	20	154	XXIX 30 „	22,5	336
IV 13 „	20	230	XXX 31 „	23	336
V 15 „	17	192	XXXI 1 Juni	25	514
VI 15 „	17	240	XXXII 2 „	19	259
VII 18 „	18	211	XXXIII 2 „	21,5	293
VIII 18 „	18	202	XXXIV 3 „	21	208
IX 19 „	18	192	XXXV 3 „	23	288
X 20 „	16	139	XXXVI 4 „	23,5	706
XI 20 „	17	173	XXXVII 5 „	25,5	624
XII 22 „	17	202	XXXVIII 7 „	27,5	638
XIII 23 „	18	236	XXXIX 8 „	26	537
XIV 24 „	19	134	XL 8 „	30	782
XV 26 „	20	192	XLI 9 „	26	528
XVI 1 Mai	17	158	XLII 10 „	24	466
XVII 1 „	17	149	XLIII 10 „	24,5	581
XVIII 15 „	18	216	XLIV 12 „	22	324
XIX 17 „	18,5	206	XLV 14 „	25	600
XX 21 „	18	173	XLVI 15 „	24,5	610
XXI 23 „	22	245	XLVII 18 „	24	413
XXII 24 „	20	197	XLVIII 19 „	25	648
XXIII 24 „	23,5	235	XLIX 19 „	26	533
XXIV 26 „	19,5	187	L 24 Juli	28	504
XXV 27 „	19,5	173	LI 25 „	26,5	576
XXVI 27 „	21	355			

belle III.

die Hand ausgeschiedenen Kohlensäure.

nach der Mahlzeit.

Ordnungszahl und Datum des Versuches	Temperatur des Behälters, der den Vorderarm und die Hand aufnahm	CO_2-Menge in Milligramm auf 24 Stunden berechnet	Ordnungszahl und Datum des Versuches	Temperatur des Behälters, der den Vorderarm und die Hand aufnahm.	CO_2-Menge in Milligramm auf 24 Stunden berechnet
I 2 April	20°	168	XXXIX 19 Mai	21°	269
II 2 „	20	245	XL 19 „	22	259
III 9 „	18	216	XLI 20 „	18,5	154
IV 9 „	22	274	XLII 20 „	20	163
V 11 „	23	240	XLIII 21 „	23,5	245
VI 11 „	21	211	XLIV 22 „	23,5	202
VII 12 „	24	466	XLV 23 „	24	298
VIII 12 „	22	240	XLVI 25 „	23	605
IX 12 „	23	269	XLVII 25 „	21	288
X 17 „	16	230	XLVIII 26 „	23	494
XI 17 „	16	277	XLIX 26 „	21	242
XII 18 „	20	307	L 27 „	24	595
XIII 19 „	21	244	LI 27 „	23	398
XIV 19 „	21	235	LII 28 „	23	509
XV 20 „	17	341	LIII 28 „	22	350
XVI 21 „	18	240	LIV 29 „	23	595
XVII 21 „	18	245	LV 29 „	23,5	509
XVIII 22 „	18	226	LVI 31 „	25,5	504
XIX 22 „	22	293	LVII 31 „	27	571
XX 23 „	23	408	LVIII 1 Juni	26,5	528
XXI 24 „	18	370	LIX 1 „	27	595
XXII 25 „	22	230	LX 5 „	28	514
XXIII 30 „	23	226	LXI 5 „	29	725
XXIV 1 Mai	21	216	LXII 5 „	27	756
XXV 3 „	23	278	LXIII 6 „	26,5	528
XXVI 4 „	24	206	LXIV 9 „	26,5	654
XXVII 5 „	18	252	LXV 10 „	26	415
XXVIII 6 „	23	221	LXVI 12 „	26	518
XXIX 8 „	18,5	264	LXVII 14 „	25	684
XXX 9 „	17	222	LXVIII 14 „	28	725
XXXI 9 „	21	206	LXIX 14 „	25,5	494
XXXII 12 „	24	331	LXX 15 „	28	749
XXXIII 13 „	21,5	226	LXXI 18 „	27	648
XXXIV 13 „	21	370	LXXII 24 Juli	30	826
XXXV 14 „	24	278	LXXIII 24 „	29,5	638
XXXVI 15 „	17	178	LXXIV 25 „	27	643
XXXVII 16 „	23	446	LXXV 27 „	29	658
XXXVIII 17 „	21,5	245	LXXVI 27 „	30	672

genommenen Sauerstoffes viel mehr Kohlensäure ausgeschieden wird nach einer an Vegetabilien reichen Nahrung, als nach animalischer Kost.

In der That hatten schon die Beobachtungen von Collard de Martigny [1]) gezeigt, dass nach pflanzlicher Nahrung die Kohlensäure-Ausscheidung reichlicher wird, als nach Fleischkost.

In Uebereinstimmung damit behaupteten Hervier und Saint-Sager [2]), auf Grund ihrer Versuche am Menschen, dass eine animalische Kost die Menge der ausgeathmeten Kohlensäure vermindert, während eine ausschliessliche Ernährung mit Amylaceen eine Vermehrung derselben herbeiführt.

Zu einem gleichen Ergebnisse kamen auch Regnault und Reiset [3]) bei ihren Versuchen an Hunden und Hühnern: bei vegetabilischer Kost erwies sich die Kohlensäure-Ausscheidung reichlicher als bei Fleischfütterung.

Letellier's Beobachtungen lehren, dass sich sogar die verschiedenen stickstofffreien Nahrungsmittel verschieden in dieser Beziehung verhalten. Turteltauben lieferten in gleicher Zeit und auf ein gleiches Körpergewicht mehr Kohlensäure nach 3-tägiger Fütterung mit Zucker, als nach 5-tägiger Fütterung mit Butter.

Während sich die obigen Angaben theils auf die gesammte Kohlensäure-Ausscheidung, theils speciell auf das Lungenathmen beziehen, suchten wir dieselben Verhältnisse im Besonderen für die Kohlensäure-Ausdünstung der Haut zu prüfen.

Der Mann, an welchem wir unsere Versuche anstellten, wurde zuerst während acht Tagen einer exclusiv pflanzlichen Kost unterworfen, indem er Morgens schwarzen Kaffee mit Brod und Obst, Mittags Erbsen oder Bohnen, Kartoffeln, Mohrrüben, Cichorie, Obst, Brod zu sich nahm und dabei Wein genoss.

---

[1]) Journal de Physiologie de Magendie, tome XI; — Krause, Handwörterbuch der Physiologie von Wagner. 1844, II. Bd., S. 145.

[2]) Hervier et Saint-Sager, „Recherches sur l'acide carbonique exhalé par le poumon à l'état de santé et de maladie". Comptes rendus de l'Académie des sciences, Paris 1849, tome XXVIII, p. 260.

[3]) A. a. O. S. 428—462.

Hierauf blieb er dreizehn Tage hindurch auf rein animalischer Kost, indem er Morgens Kaffee mit Milch und Eiern, Mittags gesottenes oder gebratenes Fleisch, Käse, sehr wenig Brod und Wein zu sich nahm.

Die bei unseren Versuchen erhaltenen Werthe sind in folgender Tabelle verzeichnet. Man ersieht aus derselben, dass sich die Kohlensäure-Ausscheidung durch die Haut bei Fleischkost zu der bei vegetabilischer Ernährung wie 100 : 116 verhält.

Tabelle IV.

Menge der durch den Vorderarm und die Hand ausgeschiedenen Kohlensäure bei vegetabilischer Kost und animalischer Kost.

Ordnungszahl des Versuches	Progressive Zahl der Tage, während welcher eine ausschliesslich vegetabilische Kost verabreicht worden	Temperatur des Behälters, der den Vorderarm und die Hand aufnahm	Menge der CO_2 in Milligramm auf 24 Stunden berechnet	Reaction des Schweisses	Reaction des Harns	Ordnungszahl des Versuches	Progressive Zahl der Tage, während welcher eine ausschliesslich vegetabilische Kost verabreicht worden	Temperatur des Behälters, der den Vorderarm und die Hand aufnahm	Menge d. CO_2 in Milligr. auf 24 Stund. berechnet
I	1	30,5	533	sauer	sauer	I	1	31	645
II	1	30,5	663	„	„	II	2	31	674
III	2	31	850	„	„	III	3	31	806
IV	2	30,5	917	„	„	IV	4	31	835
V	3	30,5	653	säuerl.	säuerl.	V	5	30,5	710
VI	3	31,5	893	„	„	VI	6	29	557
VII	4	31,5	725	sauer	sauer	VII	7	29	787
VIII	5	30,5	835	„	„	VIII	8	29	768
IX	6	30	854	kaum sauer	neutral	IX	9	27	710
						X	10	30	811
X	7	27	571	sauer	sauer	XI	11	30	863
XI	8	29	773	„	„	XII	12	29	514
						XIII	13	29	730

Durchschnittswerthe der CO_2-Ausscheidung durch Vorderarm und Hand binnen 24 Stunden, bei

vegetabilischer Kost	animalischer Kost
842,5	723,8.

Da wir diese letzteren Versuche bei heissen Tagen ausführten, wollten wir die günstige Gelegenheit benutzen, um die Aenderungen zu prüfen, welche die Reaction des Schweisses und gleichzeitig auch die des Harnes unter solchen Umständen erleidet, ein Gegenstand, über welchen Moriggia[1]) im Moleschott'schen Laboratorium Untersuchungen angestellt hatte.

Moriggia kam bei diesen an sich selbst und an Thieren vom Pferdegeschlecht ausgeführten Versuchen zu folgenden Schlüssen:

„Während bei Thieren die Reaction des Harnes je nach der „Beschaffenheit der Nahrung wechselt, so dass sie bei animalischer „Kost sauer, beim Fasten und bei vegetabilischer Nahrung alkalisch „wird, behält der Schweiss, mit geeigneten Reagentien geprüft, stets „die der betreffenden Thierart zukommende gewöhnliche Reaction, „wie auch die Beschaffenheit der Kost und hiemit die Reaction des „Harnes wechseln mag, so dass letztere zu der des Schweisses im „Gegensatze stehen kann.

„Die ungewöhnliche Ernährung", fährt der Verf. fort, „musste „bei unseren Versuchen viel längere Zeit dauern, um eine Aen- „derung in der Reaction des Harnes herbeizuführen, als man im „Allgemeinen bei den Autoren angegeben findet. So gehörten dazu „beim Menschen etwa 2 Tage ausschliesslich pflanzlicher und sehr „reichlicher Kost, beim Pferde 3 Tage thierischer Nahrung, und eine „noch viel längere Dauer der Inanition bei Pferden und Eseln. Viel „rascher hingegen kehrt der Harn zu der für die respective Thierart „normalen Reaction zurück, wenn die gewöhnliche Fütterungsweise „hergestellt wird."

In Bezug auf den Schweiss können wir Moriggia's Angaben bestätigen. Auch nach 8-tägiger streng vegetabilischer Kost blieb in unserem Falle der Schweiss säuerlich oder sauer. Was dagegen den Harn anbetrifft, so fanden wir denselben nie, wie Moriggia, von alkalischer Reaction.

---

[1]) Moriggia, in diesen Untersuchungen, Bd. XI, S. 141.

Dass wir nach länger fortgesetzter pflanzlicher Kost das Alkalischwerden des Harns nie bestätigen konnten, während doch diese Thatsache von einem so tüchtigen Beobachter wie Moriggia angegeben wird, konnte vielleicht daran liegen, dass in unserem Falle die vegetabilische Kost derart war, dass sie zur Ernährung des Individuums nicht ausreichte und sich daher der Mann im Zustande relativer Inanition befand. Um diesen unseren Zweifel zu lösen, unternahmen wir an unserem Versuchsmanne die Prüfung des Körpergewichts.

Das unter Prof. Moleschott's Direction stehende Laboratorium besitzt eine von Staudinger in Giessen construirte Wage zur Bestimmung des Körpergewichts beim Menschen. Dieselbe ist bei einer Belastung von mehreren Myriagramm noch für ein halbes Gramm empfindlich.

Mittelst dieser Wage wurden an unserem Versuchsmanne die Wägungen um Mittag, in gleichem Zeitabstande zwischen seinen beiden täglichen Mahlzeiten, vorgenommen.

Es fand sich nun in der That, dass das Körpergewicht des Herrn R., das ursprünglich 50 Kilogr. und 754 Gramm betrug, nach 8-tägiger vegetabilischer Kost auf 47 Kilogr. und 995 Gramm gesunken war. Das Gewicht nahm gleich wieder, wenn auch nicht gleichmässig, zu, sobald die animalische Kost hergestellt wurde. Da wir für den Modus dieser Gewichtszunahme kein bestimmtes Gesetz aufzufinden vermochten, müssen wir uns mit der Bemerkung begnügen, dass unsere Ergebnisse in dieser Hinsicht denen ziemlich nahe stehen, zu welchen Boussingault[1]) bei seinen Untersuchungen an einer Turteltaube kam. In seinem Falle hatte das Thier, wegen der Inanition, der es unterworfen worden, eine Einbusse an Körpergewicht erlitten. Als es wieder Futter bekam, stieg sein Gewicht nur in den ersten zwei Tagen erheblich an; in den folgenden Tagen erreichte es nicht mehr die ursprüngliche Höhe, obgleich das Thier seine frühere Lebhaftigkeit wieder erlangte.

Zu dem Hauptgegenstand unserer Betrachtungen zurückkehrend, müssen wir hervorheben, dass der Mittelwerth der Kohlensäure-

[1]) Boussingault, a. a. O., S. 449—450.

Menge, die durch den Vorderarm und die Hand der rechten sowohl als der linken Körperseite, unter den verschiedenen im Obigen angegebenen Bedingungen von Licht oder Dunkel, bei verschiedenen Temperaturen, im leeren Zustande des Magens und nach der Mahlzeit, nach ausschliesslich animalischer oder ausschliesslich pflanzlicher Kost, ausgeschieden wurde, auf 425 Milligramm binnen 24 Stunden anzuschlagen ist.

Nach Feststellung dieses Ergebnisses musste in uns begreiflicher Weise der Wunsch entstehen, die Menge der Kohlensäure zu kennen, die in gleicher Zeit von der ganzen Hautoberfläche des Körpers ausgeschieden wird.

Um diese Menge zu berechnen, muss man das Verhältniss der Oberfläche des Vorderarms und der Hand zu der des ganzen Körpers kennen.

Die Anatomie ist nicht eben reich an Studien über derartige Verhältnisse. Nur zwei einschlägige Data konnten wir auffinden: die Angabe von Krause und die von Funke.

Von Krause kennen wir nur das Endresultat seiner Messungen der Oberfläche des erwachsenen Körpers. Danach beträgt der Flächenraum der ganzen Hautoberfläche 15 □Fuss. Die Methode, nach der er verfuhr, ist uns nicht bekannt [1]).

Funke [2]) dagegen hat uns das Verfahren angegeben, nach welchem er die Oberfläche des Körpers zu bestimmen gesucht hat. Aus gummirtem Papier wurde von ihm eine hinreichende Anzahl nach □Zoll und Bruchtheilen von solchen genau abgemessener Stücke ausgeschnitten, und mit diesen die ganze eine Seitenhälfte eines völlig normal gebauten menschlichen Leichnams abtheilungsweise aufs Sorgfältigste beklebt, so dass nicht die geringste Lücke frei blieb, aber natürlich auch das Aufeinandergreifen und die Faltung der Papierstücke sowie Faltung oder Dehnung der Haut auf das Gewissenhafteste vermieden wurde. Die einfache Zählung der auf jeden

[1]) Röhrig, a. a. O. S. 34.

[2]) Funke, „Beiträge zur Kenntniss der Schweisssecretion" in Moleschott's Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen. 1858, IV. Band, S. 47—48.

Körpertheil und die ganze Körperoberfläche kommenden □Zolle von Papier gab, wie er glaubt, den gesuchten Werth mit solcher Genauigkeit, dass die Fehler sicher innerhalb der Grenze einiger wenigen □Zoll liegen mussten.

Zur Bestimmung der Körperoberfläche an unserem Versuchsmanne fanden wir die Anwendung des Funke'schen Verfahrens mit gar zu grossen Schwierigkeiten verknüpft.

Wir glauben aber ein der Wahrheit sehr nahe kommendes Resultat durch directe Messung erzielt zu haben. Dieses Verfahren erheischt allerdings all die Aufmerksamkeit und Geduld, die wir nicht gespart haben, um möglichst fehlerfreie Data zu gewinnen.

Bei unseren Messungen bot uns Herr Ingenieur Abbati seinen werthvollen Beistand, und schlugen wir mit ihm folgenden Weg ein.

Die ganze Oberfläche des Körpers wurde durch scharf gezogene Linien nach den anatomischen Regionen eingetheilt. Hierauf ermittelten wir sorgfältig den Flächenraum jeder Region, indem wir sie mit möglichster Annäherung in Theile zerlegten, deren Flächeninhalt leicht auf geometrischem Wege bestimmt werden konnte.

Die Maasse wurden mittelst Seidenschnürchen und Maassband genommen. Bei den Messungen am Kopfe leistete uns das Craniometer gute Dienste.

Um die Fehlerquellen möglichst zu beschränken, sahen wir streng darauf, während der Messung Muskelcontractionen zu vermeiden, indem wir die Körpertheile in der Stellung der Ruhe behielten.

Tabelle V, S. 26 zeigt die von uns gewonnenen Resultate, neben welchen wir zum Vergleiche die von Funke angegebenen aufführen.

Zu Gunsten unserer Methode spricht jedenfalls der Umstand, dass unsere Resultate nicht erheblich von den Funke'schen abweichen.

Aus den angestellten Messungen ergiebt sich, dass die Oberfläche des Vorderarmes und der Hand zu der des ganzen Körpers sich wie *1 : 16* verhält.

Nach dem Mittelwerthe der durch den Vorderarm und die Hand in 24 Stunden ausgehauchten Kohlensäure, der 425 Milligramm beträgt,

Tabelle V.

Oberfläche des menschlichen Körpers.

Flächenmaasse des menschlichen Körpers, von Funke am Cadaver bestimmt			Flächenmaasse des menschlichen Körpers, von Fubini und Ronchi am Lebenden bestimmt[1])		
Oberfläche des Kopfes (excl. der Ohren und Augenlieder)	= 135 □" Par. = □ Meter	0,09892530	Oberfläche des Gesichts (mit Ausnahme der Ohren und Augen) . . . . . □ Meter	0,041868	0,094113
			Oberfläche des Kopfes . . . . „	0,052245	
Oberfläche der Brust, des Bauches und der vordern Halsseite	= 338 „ „ „ „	0,24767964	„ des Halses		0,057422
Oberfläche des Rückens, Nackens und Gesässes	= 439 „ „ „ „	0,32169042	„ der Brust, des Rückens und des Bauches		0,290919
			„ der Glutæo-perinæal- und Scham-Gegend		0,165699
Oberfläche beider Oberarme (à 90½)	= 181 „ „ „ „	0,13263318	„ beider Schultern		0,074540
Oberfläche beider Unterarme (à 76½)	= 153 „ „ „ „	0,11211534	„ „ Oberarme		0,075617
			„ „ Vorderarme und Hände . . .		0,197135
Oberfläche beider Hände (à 58)	= 116 „ „ „ „	0,08500248	„ „ Oberschenkel		0,298162
Oberfläche beider Oberschenkel (à 207)	= 414 „ „ „ „	0,30337092	„ „ Unterschenkel		0,222993
			„ „ Füsse		0,130083
Oberfläche beider Unterschenkel (à 149)	= 298 „ „ „ „	0,21836844	Total-Summe: □ Meter		1,606683
Oberfläche beider Füsse (à 90)	= 180 „ „ „ „	0,13190040			
Total-Summe	2254 □" Par. = □ Meter	1,65168612			

[1]) Der Mann, an dem diese Maasse genommen wurden, ist 1 Meter 62 Centim. hoch und wiegt 50 Kilogramm.

kann man daher die von der ganzen Körperoberfläche in 24 Stunden ausgeschiedene CO_2-Menge auf 6,80 Gramm anschlagen.

Natürlich kann man uns einwenden, dass vielleicht nicht an allen Körpertheilen die Hautoberfläche eine gleiche Respirationsthätigkeit aufweist wie an der Hand und am Vorderarme, ein Einwand, der durch die Versuche Aubert's bekräftigt wird; denn, wie aus folgender Tabelle erhellt, ist der direct für die ganze Körperoberfläche bestimmte Werth sehr verschieden von dem obigen hypothetischen Werthe, wie wir ihn nach den direct für Vorderarm und Hand gewonnenen Zahlen berechneten.

Doch bei dem heutigen Stande unserer Kenntnisse scheint uns eine derartige Berechnung nicht ohne Nutzen, um den Vergleich mit den Ergebnissen anderer Forscher zu ermöglichen.

Menge der von der ganzen Körperoberfläche binnen 24 Stunden erhaltenen CO_2.

Name des Beobachters.		Menge der Kohlensäure.
Abernethy[1])		14,00 Gramm.
Scharling[2])		32,08[3]) „
Gerlach[4])		8,49 „
Reinhard[5])		2,23 „
Aubert[6])	Körper	3,87 „
	Hand	1,25 „
Röhrig[7])		14,00 „
Fubini und Ronchi		6,80 „

Der von Scharling angegebene Werth, den wir in diese Tabelle aufnahmen, wurde von uns mit Fleiss gewählt, weil er an einem

---

[1]) Reinhard, a. a. O., S. 30.
[2]) Scharling, „Fortsatte, etc." a. a. O., S. 382.
[3]) Diese Zahl von Scharling bezieht sich auf einen Mann von 28 Jahren.
[4]) A. a. O., S. 447.
[5]) A. a. O., S. 37.
[6]) A. a. O., S. 549 und 552.
[7]) A. a. O., S. 35.

Individuum gewonnen wurde, das unserem Untersuchungsobjecte am nächsten stand.

Nicht überflüssig wird es jedoch sein, die von Scharling [1]) an 5 verschiedenen Individuen für die Perspiration des Kohlenstoffes erhaltenen Werthe anzuführen. Wir entnehmen sie aus der dänischen Schrift, weil Scharling selbst erklärt, dass eben letztere die genauen Werthe, wie er sie bestimmt hatte, enthält, und auch noch deswegen, weil in der neuesten Schrift von Röhrig nicht nur die Scharling'schen Zahlen ungenau wiedergegeben sind, sondern überdies manche Zahl auf Rechnung der Kohlensäure gesetzt wird, während sie von Scharling für Kohlenstoff berechnet war.

Diesen Zahlen hängen wir noch die des Körpergewichts der betreffenden Individuen an, und schöpfen diese aus dem Aufsatze von Scharling, der in den „Annalen der Chemie" veröffentlicht und in den „Annales de Chimie" [2]) übersetzt wurde, da diese Zahlen in der dänischen Schrift fehlen.

Versuchsperson	Körpergewicht	Vom ganzen Körper binnen 1 St. exhalirter Kohlenstoff	Vom Körper, mit Ausnahme von Nase und Mund, binnen 1 Std. exhalirter Kohlenstoff
Mann von 28 J.	Kilogr. 82	Grm. 11,740	Grm. 0,373
„ „ 16 „	„ 57,750	„ 11	„ 0,181
Knabe „ 9¾ „	„ 22	„ 6,55	„ 0,124
Mädchen „ 19 „	„ 55,750	„ 8,316	„ 0,272
„ „ 10 „	„ 23	„ 6,196	„ 0,124

Es sei uns nun erlaubt, die Ergebnisse unserer Versuche in folgenden Schlusssätzen zusammenzufassen.

I. Unsere Versuche wurden an einem Manne von 27 Jahren,

[1]) Scharling, „Fortsatte Forsög, etc.", a. a. O., S. 382.

[2]) Scharling, „Recherches sur la quantité d'acide carbonique, etc.", a. a. O., S. 486.

50 Kilogr. Körpergewicht, 1 Meter 62 Centimeter Körperhöhe, von 110 Kil. Muskelkraft, angestellt.

II. Die directe Messung ist eine sehr zweckmässige Methode zur Bestimmung der Oberfläche des lebenden Körpers.

Die ganze Körperoberfläche des Dr. R., nach dieser directen Methode bestimmt, beträgt 1,6 □ Meter.

III. Die Oberfläche des Vorderarms und der Hand verhält sich zu der des ganzen Körpers wie 1 : 16.

Bei unseren Nachforschungen über die Kohlensäure-Ausdünstung der Haut haben wir abwechselnd an beiden Vorderarmen und Händen experimentirt.

IV. Unsere Versuche gestatten keinen Schluss über den etwaigen Einfluss des Luftdrucks auf die Menge der durch die Hautoberfläche ausgeschiedenen Kohlensäure. Vielleicht erklären sich die widersprechenden Ergebnisse unserer diesbezüglichen Versuche aus dem Umstande, dass während der Dauer derselben der Luftdruck zwischen gar zu engen Grenzen variirt hatte.

V. Die in der Dunkelheit durch Vorderarm und Hand ausgeschiedene Kohlensäure-Menge verhält sich zu der bei Licht ausgeschiedenen wie 100 : 113.

VI. Die Temperatur äussert einen entschiedenen Einfluss auf die von der Hautoberfläche ausgeschiedene Kohlensäure-Menge.

Je höher die Temperatur, desto grösser diese Menge.

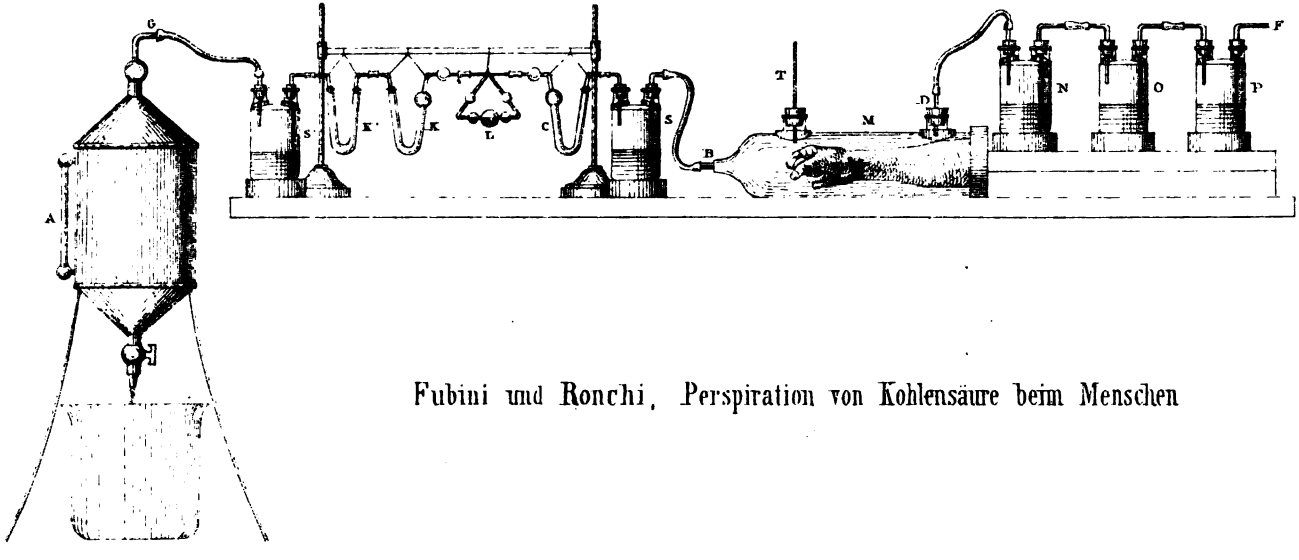
In der That lassen sich nach unseren Untersuchungen folgende Verhältnisse aufstellen:

Temperaturen.		CO_2.
$16^0 - 20^0 : 20^0 - 24^0$	=	100 : 121
$20^0 - 24^0 : 24^0 - 30^0$	=	100 : 191
$16^0 - 20^0 : 24^0 - 30^0$	=	100 : 283.

VII. Das Verhältniss zwischen der bei leerem Magen und der während der Verdauung ausgeschiedenen CO_2Menge gestaltet sich wie 100 : 112.

VIII. Bei animalischer Kost wird weniger Kohlensäure ausgeschieden, als bei vegetabilischer, und zwar im Verhältnisse von 100 : 116.

IX. Gesetzt, die Oberfläche des Vorderarms und der Hand verhält sich zu der des ganzen Körpers wie 1 : 16, und liefern erstgenannte Theile in 24 Stunden 425 Milligr. CO_2, so wäre die Kohlensäure-Ausscheidung an der Oberfläche des ganzen Körpers auf 6,80 Gramm anzuschlagen, wenn man annehmen dürfte, dass die respiratorische Thätigkeit der Haut in allen Körpertheilen nach gleichem Gesetze von Statten gehe.



Fubini und Ronchi, Perspiration von Kohlensäure beim Menschen

II.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Vierundzwanzigste Abtheilung.

Das Netzhautroth.

Die merkwürdige Entdeckung von Boll [1]), dass die rothe Farbe der lebenden Netzhaut von der Stäbchenschicht herrührt und am Lichte rasch gebleicht wird, und die erweiternden, die Optographie begründenden Untersuchungen von Kühne [2]), bewogen mich, einige in dieses Gebiet gehörende Beobachtungen an einem tief erstarrten Murmelthiere anzustellen.

Da der Sehpurpur oder, wie es wohl allgemeiner heissen dürfte, das Netzhautroth einige Zeit nach dem Aufhören des Herzschlages, besonders der warmblutigen Thiere, vermisst zu werden pflegt, so könnte man glauben, dass es während des tiefen Winterschlafes der Murmelthiere mangelt, weil hier das Herz nur ein Mal nach einer bis mehreren Minuten klopft und der Blutlauf, wie man an den Gekrösgefässen sieht, in der Zwischenzeit stockt. Die in der zweiund-

[1]) J. Boll. Monatsberichte der Berliner Akademie. November. 1876. 8. S. 783—787.

[2]) W. Kühne. Zur Photochemie der Netzhaut. Heidelberg. 1877. 8. S. 6—14 und W. Kühne, über den Sehpurpur. Centralblatt der medicinischen Wissenschaften von Rosenthal und Senator. Berlin. 1877. 8. S. 193—195, wo die früheren Angaben über die rothe Farbe der Netzhaut von Leydig, M. Schultze, E. Rose, Krohn und Hensen angeführt sind.

zwanzigsten Abtheilung dieser Beiträge geschilderten Ergebnisse der ophthalmoskopischen Untersuchung lehrten jedoch schon, dass das Sehloch bei der Erhellung der Innentheile des Auges durch den Augenspiegel roth leuchtet. Es konnte sich unter diesen Verhältnissen nur noch fragen, ob der Farbestoff die gewöhnliche Vergänglichkeit im Lichte darbietet oder nicht, ob ihm überhaupt andere Eigenschaften, als dem der wachen Thiere zukommen.

Gezähmte Murmelthiere nehmen auch im Winter Nahrung zu sich und schlafen dann gar nicht oder nur leise ein. Ich habe ein waches Geschöpf der Art [1]), und ein tief erstarrtes von ungefähr gleicher Grösse unmittelbar nach einander untersucht und könnte nicht sagen, dass ich einen wesentlichen Unterschied in dem rothen Leuchten des Sehloches bemerkte. Es hatte nicht das feurige Roth der mit keinem schwarzen Pigmente versehenen Augen der Albinokaninchen, sondern etwas Braunrothes, wie es andere, mit tiefschwarzer Aderhaut versehene Säugethiere, z. B. die dunkelhaarigen und dunkeläugigen Kaninchen, ebenfalls darbieten. Die grüne Farbe, welche die Krystalllinse der winterschlafenden Murmelthiere besitzt, wird jedenfalls das Netzhautroth nicht ganz unverändert zum Vorschein kommen lassen. Die Durchsichtigkeit der Netzhaut bedingt es übrigens, dass es bei der ophthalmoskopischen Untersuchung brennrother und nicht so feurig oder rosenroth, wie in der von den Nachbargebilden losgetrennten Netzhaut erscheint, wenn viel schwarzes Pigment in der Aderhaut vorhanden ist.

Das Ueberraschende der photographischen Wirkung des Netzhautrothes bewog mich, eine Reihe von Beobachtungen an Fröschen, Tauben und Kaninchen anzustellen, ehe ich die Prüfung des Murmelthierauges vornahm.

Betrachtet man ein gesondertes Stück der Netzhaut, das auf einem Objectglase von einem Deckgläschen geschützt ist, mit freiem Auge

[1]) Es ereignete sich dabei häufig und zwar bei den zu sehr verschiedenen Zeiten angestellten Untersuchungen, dass das Thier nieste, so wie die von dem Augenspiegel zurückgeworfenen Lichtstrahlen in das Innere des Auges eingetreten waren. Man hat auch bisweilen ein reflectorisches Niesen im Menschen beobachtet, wenn helles Sonnenlicht in das Auge fiel.

oder unter schwacher Lupenvergrösserung, so kann es vorkommen, dass eine Stelle des Präparates nur deshalb rosenroth oder tiefer roth erscheint, weil eine mikroskopisch dünne Schicht von Pigmentmasse äusserlich aufliegt. Sie bleicht daher auch nicht im Lichte ab und wird zu unrichtigen Urtheilen verleiten, wenn der wahre Grund der Färbung unbekannt ist. Ich habe deshalb immer die gefärbten Stellen zuerst mit einer 11- bis 12fachen und hierauf mit einer 140fachen Linienvergrösserung für 25 Centimeter Sehweite in dem zusammengesetzten Mikroskope untersucht und mir in kritischen Fällen entweder den Beginn der regelmässig gestellten gefärbten oder farblosen Stäbchen oder die Orte der Pigmentauflagerungen mit Hülfe des in der Blendung des Oculars befindlichen Fadenkreuzes für den nachfolgenden Gebrauch schwächerer Vergrösserungen bezeichnet.

Das rasche Abbleichen des Netzhautrothes im Tages- und selbst im Lampenlichte bewog mich, einige Nebenvorrichtungen am Mikroskope anzubringen. Eine Abblendungsröhre von Pappendeckel oder ein passend verkürzter Schornstein eines Bunsen'schen Brenners befand sich zwischen dem Mikroskoprohre und dem das Präparat tragenden Objecttische, um das von oben kommende Licht abzublenden. Ein einfaches Mittel, die von dem Beleuchtungsspiegel zurückgeworfenen Strahlen minder schädlich zu machen, besteht darin, ein polarisirendes Nicol in den Cylinder des Objecttisches einzusetzen. Da dann der ordentliche Strahl gänzlich zurückgeworfen und nur der ausserordentliche durchgelassen wird, so hätte man bloss die halbe Lichtstärke im günstigsten Falle. Ich zog jedoch eine andere Einrichtung vor. Ich schloss die untere Oeffnung des in dem Schlitten des Objecttisches befindlichen Cylinders mit einem undurchsichtigen Stopfen und legte bisweilen noch zum Ueberflusse einen undurchsichtigen Deckel auf die Ocularlinse des Mikroskopes. Wollte ich nachsehen, ob das Netzhautroth noch vorhanden war oder nicht, so entfernte ich den letzteren und zog den Schlitten für einen Augenblick so weit zurück, dass die von dem Beleuchtungsspiegel zurückgeworfenen Strahlen die Netzhaut und das Mikroskop durchsetzen konnten.

Ich stellte fast alle Untersuchungen, die ich an Fröschen machte,

an Thieren an, die während fünf bis sechs Wintermonaten im Dunkeln aufbewahrt worden. Das Netzhautroth erscheint in solchen Fällen ausnahmslos und gesättigter, als in Thieren, die im Hellen gelebt haben. Verschiedene Präparate geben bisweilen ungleiche Stärken und Nüancen des Roth. Die vordersten, der Linse nahen Theile der Netzhaut liefern oft eine verhältnissmässig sehr gesättigte Färbung.

Kühne[1]) fand, dass die Galle oder gallensaure Salze die einzigen Körper sind, welche die Stäbchen und mit ihnen das Netzhautroth und zwar ohne Farbenveränderung auflösen. Die filtrirte purpurrothe Flüssigkeit wird am Lichte zuerst chamois und dann farblos. Sie absorbirt alle Farben des Spectrums vom Grün bis zum Violett, lässt hingegen Roth, Orange und Gelb und vielleicht auch ein wenig Violett durch. Das Netzhautroth ist hiernach ein weniger einfarbiges, ein unreineres Roth, als das eines guten Rubinglases, das nur Roth und höchstens noch Orange durchlässt.

Die Netzhautpräparate des Frosches wirken ihrer Dünne wegen unvollständiger. Das Mikrospectroskop zeigt das ganze Spectrum trotz ihrer Einschaltung und zwar ohne wesentlichen Unterschied von dem Vergleichsspectrum, dessen Licht nicht durch das Präparat und die Objectivlinsen gegangen ist. Da man keine dunkeln Bänder im Grün oder im Roth bemerkt, so folgt, dass das Netzhautroth von dem Hämatin und dem Hämin wesentlich abweicht.

Die gefärbten Stäbchen scheinen keine andere Doppelbrechung, als die farblosen darzubieten. Sie liegen regelmässig und wie die Haare eines sorgfältig gekämmten Pelzes in dem durch ein Deckgläschen mehr oder minder zusammengedrückten Netzhautpräparate neben einander und ändern dann bisweilen die purpurrothe Farbe des Gesichtsfeldes eines Gypsblättchens von Roth erster Ordnung in ein von einem die Farben scharf unterscheidenden Auge, wie das meinige, leicht erkennbares, dem Rosenroth verwandtes Roth. Wurde nicht das Netzhautstück mit Wasser befeuchtet, so sieht man zahlreiche Stäbchen in der herausgepressten Ernährungsflüssigkeit schwimmen,

[1]) Kühne, Centralblatt a. a. O. S. 194.

deren Formen unverändert geblieben. Die meisten erscheinen in gewöhnlichem Lichte farblos, seltener an ihren äussern Stücken schön roth gefärbt. Sie werden auf dem purpurrothen Gypsgrunde gelb und zwar in der Regel in allen auf die Achsenebene des Gypsblättchens bezogenen Azimuthalstellungen.

Untersucht man die rothe Färbung der Stäbchen mit einem einzigen Nicol, das man in die Röhre des Objecttisches, in den unteren Theil des Mikroskoprohres über den Objectivlinsen oder oberhalb des Oculars eingeschaltet hat, so kann man es um 90° oder 360° um seine Längeachse drehen, ohne dass sich das Netzhautroth sichtlich ändert. Es verräth sich also kein Merkmal von Dichroismus oder Polychroismus bei dieser Prüfungsweise.

Das Roth der dünnen Netzhaut der Frösche ist so schwach, dass es kein Grauweiss an irgend einer Stelle des Grüns eines hellen Spectrums erzeugt, obgleich wir später sehen werden, dass sich eine solche Wirkung der Ergänzungsfarbe auf anderem Wege nachweisen lässt. Das Gleiche wiederholt sich für Gypsblättchen, die Grün geben, wenn sie in dem dunklen Gesichtsfelde des Polarisationsmikroskopes unter $\pm$ 45° ihrer Achsenebene eingeschaltet worden. Ich arbeitete mit drei Blättern der Art, nämlich:

Blättchen dritter Ordnung.	Mit dem Sphärometer gemessene Dicke in Millimetern.	Farbe.	Farbenzahl in Millionentheilen eines Millimeters.
1.	0,627.	Gelbgrün.	1426.
2.	0,638.	Grün.	1376.
3.	0,711.	Bläulich grün.	1334.

Die Interferenzfarbe herrschte hier so sehr vor, dass das schwache Roth des dünnen Netzhautpräparates in keiner Art einwirkte.

Die Färbung der Netzhaut erhält sich auch nach einzelnen Vergiftungen, wenn man z. B. die Frösche durch Bäder von Chloriden der Alkalien oder der alkalischen Erden getödtet hat. Mag man aber auch die Netzhautpräparate solcher Thiere oder gesunder Frösche in einem

möglichst dunkeln Raume aufbewahren, so bleichen sie doch gänzlich oder nach einer Reihe von Stunden ab. Es kommt nur ausnahmsweise vor, dass man noch den schwächsten Rest am folgenden Tage erkennt.

Hatte ich das rechte Auge eines lebenden Frosches ausgeschnitten, das linke dagegen erst nach der darauf folgenden Zermalmung des Gehirnes entfernt, so fand ich in vier Fröschen ein blasseres Netzhautroth in diesem als in jenem Auge. Zwei Frösche zeigten keinen Unterschied.

Ich stach eine Scheere in das Schädeldach eines lebenden Frosches so ein, dass der Sehnerv bei dem späteren Durchschneiden getrennt und eine ziemliche Zahl von Blutgefässen, wie die nachfolgende starke Blutung andeutete, verletzt wurde. Das Thier erholte sich bald von dem Eingriffe vollständig. Ich enthirnte es drei Tage nach demselben und untersuchte unmittelbar darauf beide Augen. Der Frosch war immer in der Zwischenzeit im Dunkeln gehalten worden. Die Netzhaut der verletzten Seite erschien rosenroth. Ein Präparat, das von der Nachbarstelle der Krystalllinse der gesunden Seite stammte, zeigte ein gesättigteres Roth.

Eine eigene Art von blauen oder Kobaltgläsern lässt sich mit Vortheil für die Netzhaut und für andere Gewebe verwerthen. Das beste, das ich gebrauchen konnte, war ziemlich hell, zeigte jedoch nicht mehr deutlich das Gelb der lemniscatenähnlichen Ringe einer senkrecht auf die Mittellinse geschnittenen und mit ihrer Polarlinie unter $\pm$ 45° eingestellten Platte von Rohrzucker. Das Pflanzengrün erschien durch dasselbe nicht roth. Es verlöschte alle Farben in dem durch mässig helles Tageslicht erzeugten Spectrum eines Hoffmann'schen Spectroskopes mit gerader Durchsicht. Helle oder dunkle Bänder wurden dann nicht bemerkt. Minder geeignet, aber immer noch brauchbar waren zwei andere hellblaue Gläser, die ein schmutzig weisses Band in dem Orange und dem Gelb und ein dunkles in dem Anfangsgrün desselben Spectrums lieferten und das Gelb der lemniscatenähnlichen Ringe der Zuckerplatte durchliessen. Die dunklen erythroskopischen Gläser hingegen erwiesen sich als unbrauchbar ihrer geringen Durchsichtigkeit wegen.

Schaltete man das zuerst erwähnte blaue Glas zwischen dem Netzhautpräparate und den Objectivlinsen des Mikroskopes bei einer 11- bis 12fachen Linearvergrösserung ein, so erschien die Masse der noch rothen oder der schon völlig abgeblassten Netzhaut schon violettroth, während die übrigen Bezirke des Gesichtsfeldes blau waren. Das Violett wurde minder lebhaft, wenn man das blaue Glas auf das Ocular legte. Dieses Verfahren ist überhaupt zu verwerfen, weil es schwache Farbenänderungen nicht entdecken lässt.

Gebraucht man eine so starke Vergrösserung, dass man die noch in ihrer regelmässigen natürlichen Anordnung befindlichen Stäbchen erkennt, so überzeugt man sich, dass nicht nur sie, sondern auch die übrige Masse der Netzhaut den Farbenwechsel hervorrufen können. Die gesondert in der durch das Deckgläschen ausgepressten Ernährungsflüssigkeit schwimmenden Stäbchen erscheinen (ihrer Dünne wegen) blau oder höchstens schwach violet. Liegen sie noch in ihrer regelmässigen Anordnung neben einander, so sieht man unter stärkeren Vergrösserungen ihre Ränder dunkler als das übrige, dessen violettrothe Färbung noch deutlich zum Vorschein kommt.

Diese Farbenänderung kann auch hin und wieder durch andere Gewebstheile, z. B. durch einzelne Präparate der quergestreiften Muskelfasern oder der einfachen des Magens der Frösche hervorgerufen werden. Sie fehlt hingegen z. B. in dem Dünndarmgekröse, in welchem selbst die mit Blut gefüllten Blutgefässe die violettrothe Färbung nicht darbieten, oder in den Wandungen der Lungenalveolen.

Gute Rubingläser, also solche, die nur ein feuriges Roth am Spectrum geben und sich als die einfarbigsten unter allen gefärbten Gläsern bewähren, lassen das Netzhautroth des Frosches wenig oder gar nicht hervortreten. Man kann es verhältnissmässig lange zwischen zwei solchen Gläsern in mässigem Tageslichte erhalten, während andere gefärbte Gläser, die eine grössere Menge chemischer Strahlen durchlassen, nicht so günstig wirken. Es rührte wahrscheinlich hiervon her, dass Kühne[1]) das Netzhautroth erst nach 6 Stunden un-

[1]) Kühne, Photochemie, S. 8.

ter einem rothen, nach 4 bis 5 unter einem grünen und schon nach 2 Stunden unter einem blauen Glase verschwinden und nicht durch das (rothe) Lithium, hingegen stark durch das (fast weisse) Magnesiumlicht abbleichen sah. Die grössere Lichtstärke dürfte einen wesentlichen Einfluss in dem letzteren Falle ausgeübt haben.

Gelbe Gläser (sogenannte Flohgläser), grüne und dunkelviolette lieferten mir keine neue Belehrung.

Erblasst auch das Netzhautroth nicht vollständig, wenn man den Luftinhalt einer vor dem Lichte geschützten, an einem Ende zugeschmolzenen Röhre, die das Präparat enthält, mit Hülfe einer Quecksilberpumpe möglichst entfernt, so darf man doch hieraus noch nicht mit Sicherheit schliessen, dass die Färbung der Netzhaut von der Anwesenheit von Sauerstoff unabhängig ist. Da man nie einen absolut leeren Raum erreichen kann, so bleibt immer noch Sauerstoff genug für das kleine Präparat zurück. Ob und welche Gase es unter dem Einflusse der Luftverdünnung abgab, blieb unbekannt.

Eine andere Erfahrung dürfte eher einen Schluss gestatten. Steinöl, unter welchem Natrium ungefähr ein Jahr lang, ohne sich zu verändern, gelegen hatte, wurde abdestillirt. Man konnte daher annehmen, dass es weder Wasser noch Sauerstoff enthielt. Legte ich Netzhautstücke des Frosches in Gläschen, die mit diesem Steinöl gefüllt waren, so erhielt sich die rothe Färbung im günstigsten Falle vollständig. Sie blasste in ungünstigerem bisweilen schon nach einigen Minuten, im Tageslichte jedoch nicht vollständig ab. Die Anwesenheit von Sauerstoff scheint daher nicht nöthig für die Fortdauer der Netzhautfärbung zu sein.

Um den Einfluss, den die Kälte ausüben kann, zu prüfen, umgab ich ein mit einem gut schliessenden Glasdeckel versehenes Glasgefäss mit einer aus Schnee und Kochsalz bestehenden Kältemischung und schützte das Ganze vor dem Eindringen des Tageslichtes. Das unter einem Deckgläschen aufbewahrte Netzhautpräparat kam auf die Mitte des Bodens des Glasgefässes.

Die mehr oder minder rothen Netzhäute, welche auf diese Weise einer Kälte von 13° C. ausgesetzt wurden, erschienen

nach 1 bis 2 Minuten weiss. Sie zeigten dann noch das Violettblau auf dem Gesichtsfelde des Kobaltglases.

Liess ich das frische ausgeschnittene Auge eines seit Monaten im Dunkeln gehaltenen und unmittelbar vorher enthirnten Frosches zehn Minuten lang in dem Glasgefässe bei — 4° C. bis 3° C. verweilen, so war die herauspräparirte Netzhaut blassröthlich, aber merklich schwächer gefärbt als die des anderen, bald darauf geöffneten Auges, das indessen bei einer Wärme von + 15° C. im mässigen Tageslichte verweilt hatte.

Ein Frosch, der den Winter über im Dunkeln verweilt hatte, wurde zehn Minuten lang in dem Glasgefässe bei — 14° C. bis 13° C. eingesperrt. Als man das Thier aus dem kalten dunkeln Raum herausgenommen, hielt es fortwährend die Vorderbeine über dem Kopfe zusammengeschlagen. Es war erstarrt und machte nur schwere und langsame Bewegungen. Eisschollen liessen sich nicht im Unterleibe fühlen. Die sogleich untersuchte Netzhaut des rechten Auges war blassroth, bewahrte diese Farbe unmittelbar nach der Befeuchtung mit einer fünfprozentigen Alaunlösung und erschien nach 7 Minuten später schwach röthlich. Die letzte Spur von Färbung zeigte sich nach 14 Minuten. Das Präparat war in einem dunkeln Kasten in der Zwischenzeit aufbewahrt worden.

Die Netzhaut des anderen Auges, die ich 5 Minuten nach der Enthirnung untersuchte, zeigte eine lebhaft rothe Farbe. Legte ich dann das Präparat in das Glasgefäss, das eine Kälte von — 6° C. darbot, so war es innerhalb 6 Minuten vollkommen weiss geworden. Beide nicht mehr rothen Netzhäute gaben Violett in dem blauen Gesichtsfelde des Mikroskopes.

Die Kälte zerstört also das Roth der aus dem Auge entfernten und von den Nachbartheilen gesonderten Netzhaut verhältnissmässig am Leichtesten. Sie schadet weniger, wenn sie auf das ausgeschnittene Auge im Ganzen wirkt, und am wenigsten, wenn der unversehrte lebende Frosch ihrem Einflusse ausgesetzt bleibt.

Viele Versuche, welche, wie die über den Einfluss der Hitze, eine etwas längere Einwirkungszeit fordern, lassen die Möglichkeit

offen, dass schon diese allein die Ursache des Verschwindens des Netzhautroths bildet. Ich ziehe daher nur dann bestimmte Schlüsse, wenn diese Unsicherheit nicht störte.

Zwei verschiedene Verfahren dienten mir dazu, den Einfluss der höheren Wärmegrade zu verfolgen. Ich legte das durch ein Deckgläschen geschützte Netzhautpräparat auf zwei etwas von einander entfernte Holzstücke, die sich in einem überall verschliessbaren chemischen Trockenkasten befanden, heizte das Ganze rasch durch einen dreifachen, nur für dunkle heisse Flammen eingerichteten Bunsen'schen Brenner und bestimmte die Wärme durch einen Thermometer, dessen Kugel sich in ungefähr gleicher Höhe mit dem Präparate befand. Das zweite Verfahren bestand darin, dass ich den an einem andern Orte beschriebenen allgemeinen mikroskopischen[1]) Wärmetisch benutzte. Er giebt den im Augenblicke vorhandenen Wärmegrad genauer, als die gewöhnlich gebrauchten Wärmetische an. Ich füllte ihn mit Wasser, schaltete ihn in die oben beschriebene dunkle Kammer des Mikroskopes ein und heizte durch eine untergesetzte Weingeistlampe.

Beiderlei Untersuchungsarten lehrten, dass höhere Wärmegrade verhältnissmässig weniger, als die Kälte schaden.

Die rothe Netzhaut eines aus dem lebenden Thiere entfernten Auges wurde bei dem raschen Erwärmen von + 16° C. bis + 40° C. merklich blasser und erschien kaum noch roth, nachdem die Wärme auf 60° C. gebracht worden. Das andere unmittelbar nach der Enthirnung ausgeschnittene Auge des Thieres gab eine blassere Netzhaut, die nur noch eine Spur von röthlich bei 40° C. darbot, sie aber auch nicht vollständig bei 102° C. verloren zu haben schien.

Das Netzhautpräparat eines anderen im Leben entfernten Auges blieb lebhaft roth, nachdem die Wärme von 14° C. auf 33° C. gestiegen war. Die fernere Erwärmung auf 54° C. machte sie bedeutend blasser. War die Wärme auf 65° C. gestiegen, so liess sich kein deutliches Roth mehr erkennen. Das weisse Präparat wurde auf

[1]) Die physikalische Untersuchung der Gewebe. Leipzig und Heidelberg. 1867. 8. S. 421—428.

dem blauen Gesichtsfelde des Mikroskopes violett. Diese Wirkung fehlte aber nach dem Eintrocknen.

Ein anderes auf dem Wärmetische untersuchtes Präparat bewahrte seine ursprüngliche Röthe bei der Erwärmung von 15° C. bis 35° C. Es wurde blasser bei 40° C., zeigte nur noch eine Spur von Roth bei 55° C. und erschien noch blasser als früher bei 60°C. Ganz weiss bei 80° C. bewahrte es dann noch die Eigenschaft, violett auf dem blauen Kobaltgrunde zu werden.

Kühne[1]) konnte das in einer halbprocentigen Kochsalzlösung befindliche Auge eines Frosches bis 44° C. erwärmen, ohne dass das Roth der Netzhaut verloren ging. Brachte ich das frisch ausgeschnittene Auge eines unmittelbar vorher enthirnten Frosches in Wasser von 60° C. und liess es dort 7 Minuten lang verweilen, während indessen die Wärme bis auf 43° C. gesunken war, so hatte sich die Krystalllinse sogleich vollständig weiss getrübt. Der grösste Theil der Netzhaut erschien farblos. Eine Spur von Röthe fand sich nur noch in der Nachbarschaft der Krystalle vor. Legte ich ein anderes Auge in Glycerin, das vorher bis 60° C. erwärmt worden und nahm es nach 5 Minuten, während welcher Zeit die Wärme auf 51° C. gefallen war, heraus, so erschien die Linse weiss und undurchsichtig. Die Netzhaut bewahrte aber noch einen schwachen Stich in das Röthliche.

Ich heizte den Wärmekasten, bis seine Luft eine Wärme von 57° C. hatte, löschte dann die Gasflamme aus und setzte einen lebenden Frosch für 4 Minuten ein. Die Wärme ging innerhalb dieser Zeit auf 50° C. herunter. Das Thier sprang in der ersten Viertels- bis halben Minute, wie man hörte, lebhaft herum, verhielt sich aber später vollkommen ruhig und wurde zuletzt todt herausgenommen. Die Haut, die an dem einen Kniee losgetrennt war, ging sehr leicht ab. Die Hinterbeine waren starrkrampfähnlich gestreckt. Die Netzhaut des rechten Auges erschien stark geröthet. Sie wurde sogleich in einer zehnprocentigen Kochsalzlösung weiss, erschien aber auch dann noch violett auf dem blauen Gesichtsfelde des Mikroskopes. Das

[1]) Kühne, Photochemie, S. 13.

ebenfalls lebhafte Netzhautroth des zweiten Auges blieb im Anfange noch roth in einer zehnprocentigen Salmiaklösung. Die Reizbarkeit des Hüftgeflechtes und der Muskeln der vier Beine war eine halbe Stunde später nicht vollkommen erloschen. Es hatte sich also keine durchgreifende Kochung oder Wärmestarre der Muskeln ausgebildet.

Wollte ich die Einflüsse von Hydroketten oder von Inductionsschlägen prüfen, so halbirte ich den Kopf des unmittelbar vorher enthirnten und dann enthaupteten Frosches durch einen mittleren Längsschnitt und stach die eine Leitungsnadel dicht vor und die andere unmittelbar hinter dem Auge des auf einer Korkplatte befindlichen Präparates ein. Dieses kam sogleich in eine dunkle Kammer und blieb hier während der ganzen Versuchszeit.

Der Strom einer Bunsen'schen Tauchbatterie von sechs grossen Elementen, die 10 Cubikcentimeter Knallgas in $4^1/_2$ Minuten, also 2,2 C.C. in der Minute bei dem Gebrauche derselben Elektroden und einer käuflichen Bunsen'schen Knallgasvorrichtung mit dünnen Platindräthen, kleinen Platinblechen und Zerlegungswasser mit ungefähr $^1/_8$ Schwefelsäure lieferte, liess das Netzhautroth nicht erblassen, wenn er selbst eine Viertelstunde ununterbrochen durch das Auge ging. Die lebhafte Färbung erhielt sich auch unter dem oben erwähnten Steinöl. Das Gleiche wiederholte sich nach der wiederum eine Viertelstunde fortgesetzten Einwirkung des Stromes einer aus sechs grossen mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zink-Kohlen-Elementen bestehenden Batterie, die 45 C.C. Knallgas in 5 Minuten, oder 9 C.C. in der Minute, also 4mal so viel als die Tauchbatterie unter denselben Nebenbedingungen wie diese, gab. Wurde die schön rothe Netzhaut mit Schwefelsäure betupft, so verwandelte sich ihre Farbe in ein schmutziges Brennroth, das sich in eine Mischung dieser Farbe mit Violett auf dem blauen Grunde verwandelte.

Ich trieb einen Magnetelektromotor durch die zuletzt erwähnte, mit verdünnter Schwefelsäure versehene Batterie. Liess ich die Schläge mit Hülfe der zierlichen, von Verdin verfertigten, ein Hammerwerk des Magnetelektromotors im Kleinen darstellenden Vorrich-

tung von Deprès [1]) aufschreiben, so ergab sich, dass durchschnittlich 122 auf die Minute bei der immer eingehaltenen Schraubenstellung des Magnetelektromotors kamen. Da die beiden Rollen desselben vollständig zusammengeschoben waren, so lieferten die Elektrodennadeln sehr empfindliche Schläge, wenn man sie selbst mit trockenen Fingern berührte.

Eine erste Netzhaut, die 15 Minuten lang auf diese Weise tetanisirt worden, erschien fast weiss und blieb auch so unter Steinöl. Wiederholte ich dann den Versuch an dem Auge eines anderen Frosches, so zeigte sich ein ziemlich starkes Netzhautroth, nachdem ungefähr 1830 Schliessungs- und eben so viele Oeffnungsschläge in 15 Minuten durchgegangen waren. Da die lange Zeitdauer in dem ersten Versuche geschadet haben konnte, so liess ich die Inductionsströme nur $3^1/_2$ Minuten auf ein drittes Auge wirken. Die entsprechende Zahl der Doppelschläge der Inductionswirkungen betrug dabei 427. Die Netzhaut zeigte hierauf ein sehr lebhaftes Roth. Wurde dann das Präparat mit Eisessig, der in wenig Wasser gelöst war, befeuchtet, so verwandelte sich die Farbe in Weissbräunlich, das sich an ziemlich hellem Tageslichte bis über eine Stunde erhielt. Der blaue Kobaltgrund liess die Netzhaut violett erscheinen.

Hatte ein lebender Frosch eine Viertelstunde lang in einem dunkeln, mit Aetherdämpfen gesättigten Raume verweilt und zuletzt schon länger als 5 Minuten wie todt dagelegen, so zeigte sich, dessenungeachtet, ein lebhaftes Netzhautroth in beiden Augen. Das eine Präparat änderte sich im ersten Augenblicke nicht, nachdem ich eine wässerige, zwanzigprocentige Lösung von Jodkalium hinzugefügt hatte. Versetzte ich ein anderes Netzhautstück mit zwanzigprozentiger Kalilauge, so wurde es sogleich farblos. Das Herz des Frosches klopfte noch eine Viertelstunde, nachdem die beiden Augen entfernt worden waren.

Ein den Winter über im Dunkeln gehaltener Frosch wurde eine Viertelstunde lang der Wirkung der Chloroformdämpfe in einem vor dem Lichte geschützten Glase ausgesetzt. Obgleich das still stehende

[1]) Travaux du Laboratoire de Mr. Marey. Année 1875. Paris. 1876. 8°. p. 143.

Herz des Thieres weder mechanisch, noch elektrisch reizbar war und das Hüftgeflecht und die Muskeln der Vorder- und Hinterbeine einen nur mässigen Grad von Empfänglichkeit für die Schläge des Magnetelektromotors darboten, so fand sich doch noch ein lebhaftes Netzhautroth vor. Seine Farbe wurde gelblich, nachdem es mit einer natürlich gelben fünfprozentigen Lösung von Goldchlorid in Berührung gekommen war. Dieses erhielt sich über $1\frac{1}{2}$ Stunden im Tageslichte.

Man wird nach diesen Erfahrungen Frösche, an denen man eine schmerzhafte Operation machen will, ehe man ihr Netzhautroth untersucht, ohne Gefahr ätherisiren oder chloroformiren können.

Ein Beispiel, das ich bei dieser Gelegenheit anführen will, kann zeigen, dass nicht immer die rothe Farbe der Stäbchenschicht unmittelbar nach dem Tode des Frosches schwindet. Ein Thier der Art war aus unbekannten Gründen im dunkeln Raume gestorben und lag schon eine Reihe von Stunden todt da, als ich es vornahm. Das Herz war weder mechanisch noch elektrisch reizbar. Das Hüftgeflecht und die Muskeln der Vorder- und Hinterbeine beantworteten nur noch schwach die stärksten Schläge des Magnetelektromotors. Beide Netzhäute boten dessenungeachtet ein lebhaftes Roth dar, das sich eine Zeit lang in einer zwanzigprozentigen Lösung von santonsaurem Natron unverändert erhielt. Dasselbe wiederholte sich bei einem Frosche, dessen beide untere Augenlieder weiss und undurchsichtig waren, der sie immer emporgezogen hielt und sich ganz wie ein blindes Thier benahm.

Kühne[1]) fand, dass das Netzhautroth in Blut, in einer halbprozentigen oder in einer gesättigten Kochsalzlösung, in einer zweiprozentigen Lösung von Essig- oder von Gerbsäure, durch 24stündiges Liegen in Glycerin oder in Aether und nach dem Eintrocknen auf einer Glasplatte nicht verändert wurde. Ammoniaklösung machte die Netzhaut so durchsichtig, dass man erkennen konnte, die Farbe gehöre der Stäbchenschicht an.

Ich bemerkte häufig, dass dieselbe Flüssigkeit auf die einzelnen

[1]) Kühne, Photochemie, S. 7.

Netzhautpräparate nicht bloss verschiedener, sondern selbst des gleichen Auges ungleich wirkt. Steinöl z. B. liess das Netzhautroth eines Frosches unverändert, führte hingegen zu einem augenblicklichen starken Erblassen in einem von einem anderen Thiere stammenden Netzhautstücke. Die Wirkung hängt auch bisweilen wesentlich von dem Concentrationsgrade ab. Während eine gesättigte Kochsalzlösung das Roth in Kühne's Versuchen unverändert liess, sah ich es in einer zehnprozentigen Lösung sogleich schwinden. Die Netzhaut blieb im Anfange roth in einer fünfprocentigen Lösung von Kalialaun. Sie wurde hingegen auf der Stelle weiss in einer gesättigten Lösung desselben Salzes.

Kalilauge von 2%, Kochsalzlösung von 10%, eine gesättigte Lösung von Kalialaun, Benzin, Auflösungen von Haematoxylin oder carminsaurem Ammoniak machten die Netzhaut sogleich weiss und eine fünfprocentige Lösung von chromsaurem Kali weiss mit einem Stiche ins Gelbe. Eine wässerige Lösung des Jodkaliums von 20%, des Salmiaks von 10%, des santonsauren Natrons von 20%, des Alauns von 5%, der Borsäure von 1% und bisweilen Steinöl erhielten die Färbung die erste Zeit wenig oder gar nicht verändert. Säuren wie Schwefelsäure, wenig verdünnter Eisessig und selbst die verhältnissmässig schwache Essigsäure, wie man sie zu mikroskopischen Untersuchungen braucht, verwandelten das Roth in ein unreines Bräunlich- oder Gelblich-Roth, das sich nicht selten eine Reihe von Stunden selbst in mässigem Tageslichte erhielt. Dasselbe wiederholte sich für die gelbe Farbe, welche eine fünfprocentige Goldchloridlösung, und die rothbraune, die eine Sublimatlösung erzeugt hatte. Eine wässerige Lösung von einfach kohlensaurem Kali von 10% und noch mehr eine solche von Schwefelammonien liessen das Rosenroth der Netzhaut oder seine Umwandlung in Ziegelroth verhältnissmässig lange fortbestehen. Die Lösung von Schwefelammonium, welche gut wirkte, war soweit zersetzt, dass sie eine tiefgelbe Farbe angenommen hatte und der Geruch nach Schwefelwasserstoff in ihr vorherrschte. Frischere, weingelbe, die Ammoniakdämpfe entliess, liess die Netzhaut viel leichter abblassen. Zinnchlorid erwies

sich als unbrauchbar, weil es die Eiweissmassen der Netzhaut zur Gerinnung brachte und sie daher weiss und undurchsichtig erscheinen liess. Ich fand dieses sowohl mit einer wegen des Gehaltes an Oxychlorid weiss getrübten Lösung älteren Zinnchlorids, als mit einer vollkommen klaren Flüssigkeit, die ich unmittelbar vor der Anwendung durch Kochen von überschüssigem reinem Stanniol mit Salzsäure erhalten hatte. Eine ganz frisch bereitete, nicht vorher alkalisch gemachte und daher auch nicht braun gewordene Lösung von Pyrogallussäure erhielt die Netzhaut einige Zeit roth.

Kühne[1]) sah die Aussenglieder der Stäbchen in Fischen (Petromyzon, Cobitis fossilis und besonders dem Aale) deutlich roth gefärbt. Triton cristatus zeigte sie schwach geröthet. Sie waren hingegen bei der Natter farblos. Kühne vermisste das Netzhautroth in der Taube, dem Huhne und der Fledermaus (Rhinolophus hippoxideros Bechst.), sah es hingegen in Rindsembryonen.

Ich habe die Netzhäute von drei Tauben unmittelbar nach der Enthauptung untersucht. Hatte ich das eine Auge sogleich nach dem Tode so herausgeschnitten, dass hinten eine kleine Oeffnung der weissen Haut vorhanden war, und prüfte es mit dem Augenspiegel bei weissem Lampenlichte, so leuchtete das Sehloch roth. Die unter stärkeren Vergrösserungen vorgenommene mikroskopische Beobachtung lehrte aber, dass man sich hier auf einem schlüpfrigen Gebiete befindet. Wie ich schon bei meinen ersten Netzhautstudien vor vier Jahrzehnten bemerkte[2]), liegt ein gelbes und ein tief rothes Farbenkügelchen jedem der sehr regelmässig gestellten Stäbchen in der Taube an. Diese Gebilde erzeugen eine mehr oder minder röthliche Färbung, wenn man die Netzhaut mit freiem Auge oder unter schwacher Vergrösserung betrachtet. Da sie nicht so lichtempfindlich ist, als das Netzhautroth, so kann sie sich Tage lang zum Theil roth erhalten und zu dem Irrthume verleiten, dass dieses bei

[1]) Kühne, Centralblatt a. a. O. S. 193—195.

[2]) Siehe die colorirte Abbildung bei A. Hannover, Undersögelser of Nervensystemet. Kjöbenhaven 1842. 4. Taf. V. Fig. 68. 69. (Huhn.) Vgl. auch dessen Diets Netzhinde. Kjöbenhaven 1876. 4. Taf. IV. Fig. 16.

den Vögeln beständiger, als in anderen Wirbelthieren sei. Die reducirende Wirkung des Schwefelammoniums bewog mich, eine fast farblose Indigolösung zu versuchen. Ich zerrieb Indigo mit Schwefelsäure und verdünnte das Ganze mit Wasser, bis es eine blaue durchsichtige Lösung bildete. Hatte ich mit ihr ein mit einem eingeschliffenen Stöpsel versehenes Glas vollständig gefüllt, so fügte ich Eisenvitriol und Kalk hinzu, schloss luftdicht ab und schüttelte das Ganze. Die über dem nach einiger Zeit abgeschiedenen Bodensatze befindliche Flüssigkeit war nur sehr schwach gelbgräulich gefärbt. Sie brachte aber die Netzhaut zur Gerinnung und erwies sich daher als unbrauchbar.

Obgleich das erwachsene Albinokaninchen, dessen Auge kein schwarzes Pigment enthält, gewissermassen das klassische Thier für die uns hier beschäftigenden Untersuchungen bildet, so kann man doch auch das Meiste an jungen 25 Centimeter langen weissen Kaninchen mit reichlichem schwarzem Pigmente im Auge wahrnehmen. Da die Einführung von Atropin in den Bindehautsack das Netzhautroth nicht ändert, so ist es immer zweckmässig, auf diese Weise das Sehloch möglichst stark zu erweitern.

Untersucht man das Auge eines erwachsenen Albinokaninchens in dem durch eine weisse Gasflamme erhellten dunkeln Zimmer ophthalmoskopisch, so leuchtet die Pupille prachtvoll rubinroth, so wie ihre Ebene der des Augenspiegels parallel gegenübersteht. Die Blutgefässe des Augengrundes erscheinen blutroth auf hellerem mehr oder minder weissrothem Grunde. Fallen dagegen die von dem Augenspiegel zurückgeworfenen Strahlen von vorn nach hinten oder von hinten nach vorn ein, so leuchtet das Sehloch in blasserer rother Färbung. Will man daher das Roth unter verschiedenen Nebenbedingungen vergleichen, so muss man nicht nur dieselbe Helligkeit der Beleuchtung, sondern auch die gleiche Stellung des Sehloches und zwar am Besten mit seiner Fläche gerade gegenüber der des Augenspiegels und des durch die Oeffnung desselben blickenden Auges des Beobachters wählen. Dieselbe Vorsichtsmassregel ist auch für junge braunäugige und mit weissen Haaren ver-

sehene Kaninchen nöthig, da die Stellung des Auges auch hier ihren Einfluss ausübt, wenn auch das Roth des Leuchtens dunkeler und weit weniger feurig ist.

Kühne [1]) bemerkte schon, dass die in einfarbigem gelben Lichte mittelst des Augenspiegels untersuchte Netzhaut bläulichweiss erscheint und etwas Perlmutterartiges darbietet. Die sehr deutlich wahrnehmbaren Gefässe sind schwarz, wie mit Dinte gezeichnet. Betrachtet man die Pupille eines solchen Albinoauges mit dem gelben Lichte von der Seite her, so zeigt sie nach Kühne eine schwarze Farbe.

Ich habe eine Reihe farbiger Beleuchtungen versucht. Die Angaben beziehen sich auf das erwachsene Albinokaninchen, dessen Auge kein schwarzes Pigment enthält, wenn nicht etwas Anderes angegeben worden.

Eine erste Reihe von Beobachtungen bezog sich auf den Einfluss farbiger Gläser und auf eine Indigolösung, die ich zwischen Kaninchenauge und dem Augenspiegel bei weisser Beleuchtung einschaltete. Drei gute Rubingläser, unter allen gefärbten Gläsern die verhältnissmässig einfarbigsten, liessen das Sehloch dunkelroth erscheinen. Es wurde etwas weisslich durch ein erstes, gelblich durch ein zweites, weisslich-roth durch ein drittes und ein viertes orangegelbes oder Flohglas. Ein grünes Glas machte es grauweiss und etwas gelblich. Man hatte also hier eine theilweise Wirkung der Ergänzungsfarbe. Es wurde wiederum roth, wenn man das grüne Glas zwischen dem Auge des Beobachters und dem Augenspiegel hielt. Ein hellblaues Glas erzeugte eine weissröthliche Färbung. Gläser mit irgend gesättigtem Blau oder Violett erzeugten einen bedeutenden, jede genaue Beobachtung hindernden Grad von Dunkelheit. Das Sehloch kann die Farbe seines Leuchtens durch ein eingeschaltetes Glas ändern, ohne dass deshalb die mittelst einer doppelt convexen Linse betrachteten Blutgefässe ihr rothes Aussehen verlieren.

Eine 17 Cm. hohe, 16 Cm. breite und 5 Cm. dicke, in durchfallendem Lichte blaue, in auffallendem mit einem Stich in das Grün-

[1]) Kühne, Photochemie, S. 7.

liche versehene schwefelsaure Indigolösung machte die Pupille roth, nur etwas blasser in weissem und weissgelblich mit schwarzen Irisgefässen in gelbem Lichte.

Die Färbung der dunkeln und daher heissen Gasflammen durch eingebrachte verdampfbare Körper führt zu schärferen Ergebnissen.

Da nicht selten das Kochsalz durch sein Decrepitiren stört, so nahm ich statt desselben Borax, dessen Gehalt an Borsäure die gelbfärbende Wirkung des Natriums nicht beeinträchtigt, schwefelsaures oder kohlensaures Natron, um ein möglichst reines Gelb zu erzeugen. Obgleich schon die kleinsten Mengen zum Ziele führen, so bringe ich doch von Zeit zu Zeit grössere Massen des Pulvers ein, weil dadurch im Anfange eine bedeutendere Helligkeit erzeugt wird.

Gelingt die einfarbige Beleuchtung vollständig, so erscheint das Sehloch weiss, sonst dagegen weissgelblich. Man hat Weissröthlich, wenn eine geringe Menge von Tageslicht oder von weissem Lichte mitwirkt. Das Schwarz der auf weissem Grunde verlaufenden Blutgefässe erinnert an das der Sepiazeichnungen. Man kann aber hier bei nicht ausschliesslich gelbem Lichte den Fall haben, dass die Gefässe schwarzroth oder roth erscheinen, wenn die Pupille weiss leuchtet.

Stand das Sehloch eines Hundes der Oeffnung des Augenspiegels, durch den ich beobachtete, gerade gegenüber, so erschien es mehr oder minder grünlich bei der Beleuchtung durch eine weisse Gasflamme. Hatte hingegen das Thier sein Auge nach innen gewendet, so leuchtete die Pupille lebhaft roth. Die gelbe Natriumflamme liess sie graugrünlich bei der ersten und weissgelblich bei der zweiten Stellung erscheinen.

Das Sehloch einer weissen Katze verengerte sich in hohem Grade zu einer senkrechten spindelförmigen Spalte, so wie die von dem Augenspiegel zurückgeworfenen Strahlen in das Auge drangen. Es hatte dann bei weisser Beleuchtung eine weissgrünliche Farbe, wenn es der Oeffnung des Augenspiegels gerade gegenüber stand, und eine rothe, nachdem das Auge nach innen gewandt worden. Es erschien

im gelben Lichte schwarz in dem ersten und weiss bis weissröthlich in dem zweiten Falle.

Die weisse Flamme liess das Schloch eines zahmen Murmelthieres rostroth, die gelbe hingegen weissgrün leuchten.

Kehren wir zu dem mit keinem schwarzen Pigmente versehenen Auge des Albinokaninchens zurück, so machte die schwach leuchtende bläulichviolette Flamme, welche kohlensaures Kali erzeugte, das Sehloch weissröthlich bis weiss. Die Gefässe hatten ihre röthliche Färbung auch in dem letzteren Falle nicht verloren.

Die lebhaft rothe durch Chlorlithium erzeugte Flamme machte das Schloch tiefroth. Die Gefässe erschienen hell blutroth auf dem in anderer Nüance roth gefärbten Grunde.

Da Chlorcalcium und Chlorbaryum ein aus Grün und Gelb bestehendes Licht gaben, so stand ich bald davon ab, diese Salze für diese Untersuchung zu gebrauchen. Die grüne Flamme der Borsäure zeigte im Anfange eine weissgrünliche und später eine weissröthliche Färbung, sowie Violett nach dem reineren Grün auftrat.

Die Krystalle des kohlensauren und die wässerige Lösung des salpetersauren Thalliums, die ich zu diesen Beobachtungen benutzte, lieferten nur die grüne Thalliumlinie in dem Spectroskope. Die äussere Gasflamme wurde durch sie zuerst gelb. Das Sehloch leuchtete dann weiss bis weissgelblich, die Gefässe erschienen schwarz auf weissem Grunde. Zeigte hierauf die Flamme Grün und Violett, so wurde das Sehloch blassroth und die Gefässe dunkelroth. Lieferte sie endlich ein, wie es scheint, reines Grün, so zeigte sich das Sehloch weissröthlich und die Blutgefässe dunkelroth. Eine grössere Reihe von Beobachtungen machte es wahrscheinlich, dass das Weiss von dem Grün und das Röthliche von dem hin und wieder auftauchenden Violett der Flamme herrührte.

HARVARD MEDICAL LIBRARY MAR 21 1918

Frisch bereitetes, aber noch feuchtes schwefelsaures Kupferoxyd-Ammoniak erzeugte eine schön grüne, eine Zeit lang hell leuchtende Flamme, welche eine Reihe grüner Linien im Spectroskop und in dem Funkenspectrum eines Ruhmkorff zwischen den Kohlenspitzen gab. Das Sehloch leuchtete dann in überraschend reiner weisser

Farbe. Die Gefässe erschienen tief schwarz bis tief schwarzroth auf weissem bis weissgrünlichem Grunde. Verwandelte sich später das reingrüne Licht in Violett, Gelb und Grünlich, so leuchtete das Sehloch in vorherrschend rother Farbe.

Die in selteneren Fällen weissblaue, häufiger hingegen grüne Flamme des Bergblaues oder des kohlensauren Kupferoxydes liess das Sehloch weissgrünlich oder weissröthlich und die Gefässe dunkelroth erscheinen.

Die dunkele Gasflamme, die bläulich mit oder ohne Violett ist, lässt demgemäss das Schloch weissgelblich bis weissröthlich erscheinen.

Verglich Helfrich[1]) die beiden Netzhäute, von denen die eine unmittelbar nach dem durch Trennung des Halsmarkes erzeugten Tode des Albinokaninchens beleuchtet worden, die andere dagegen nicht, so lieferte jene ein blasseres und rascher verschwindendes Roth als diese, sowohl bei der ophthalmoskopischen als bei der unmittelbaren Untersuchung.

Man kann das Abbleichen und die nachfolgende Wiedererzeugung des Netzhautroths in lebenden weiss- oder schwarzäugigen Kaninchen durch Blendung mittelst starken Lichtes unter gewissen Vorsichtsmassregeln mit Sicherheit beobachten. Wir haben früher gesehen, dass das Roth, in welchem die Pupille des Kaninchens bei dem Ophthalmoskopiren leuchtet, am Lebhaftesten erscheint, wenn die Ebene des Sehloches und die des Augenspiegels einander parallel stehen. Diese gegenseitige Beziehung ist vor und nach der Blendung genau einzuhalten. Ebenso muss die weisse Beleuchtung durch die in dem völlig dunkeln Zimmer brennende Gasflamme nahezu dieselbe Stärke während der ganzen Versuchsdauer besitzen.

Man betrachtet zuerst die lebhafte Röthe des Sehloches des Kaninchens, lässt dann ein starkes Licht auf die bald zu schildernde Weise die nöthige Zeit in das Innere des Auges dringen und untersucht hierauf so rasch als möglich mit dem Augenspiegel. Es gelingt dann in der Regel, wahrzunehmen, dass das Sehloch nur weiss-

[1]) Helfrich in dem Centralblatt der medicinischen Wissenschaften. Berlin, Febr. 1877. S. 113—115.

röthlich im Anfange ist. Ich erreichte es in Kaninchen mit weissen und mit dunkeln Augen, dass sogar zuerst das Weiss über das Roth vorherrschte. Wiederholt man dann die opthalmoskopische Prüfung in den nächsten fünf Minuten von Zeit zu Zeit, so sieht man, wie das Sehloch nach und nach röther wird, bis zuletzt die frühere Stärke des Roth erreicht ist. Da die Thiere das dritte Augenlid vorzuziehen pflegen, wenn das helle Licht in das Auge tritt, so ist es gut, das Sehloch vor dem Versuche durch Atropin so sehr als möglich zu erweitern. Es bleibt dann ein kleiner Theil desselben frei, wenn selbst das dritte Augenlid möglichst stark nach aussen geführt ist. Der Versuch gelang mir jedoch auch ohne diese Vorsichtsmassregel. Der Schliessung der Augenlider, die besonders bei dem Gebrauche des Magnesiumlichtes vorkommt, muss durch Halten mit den Händen vorgebeugt werden.

Ich habe dreierlei Arten der Blendung gebraucht:

1. Stellt man ein erwachsenes Albinokaninchen in dem dunkeln Zimmer vor einer hellen Gasflamme so auf, wie es zur ophthalmoskopischen Untersuchung nöthig ist, so braucht man es in der Regel nicht fest zu halten. Es bleibt in Folge der Angst[1]), nicht aber, wie man geglaubt, in einem besonderen hypnotischen Zustande Stunden lang ruhig und bewegt höchstens den Kopf, den man dann genau in die frühere Lage zurückbringen muss. Löscht man die Gasflamme aus, so dauert es in der Regel nicht lange, bis das Thier sich fortbewegt. Wenn kleine Kaninchen von 25 Cm. Körperlänge sich minder ruhig verhielten, so rührte dieses wahrscheinlich von ihren noch weniger entwickelten Geisteskräften her.

Ich stelle vor das Auge des unbewegt bleibenden Thieres eine sehr helle Gasflamme, die das sonst finstere Zimmer erleuchtet, und zwar so nahe, dass man das Hornhautbildchen derselben scharf sieht, und lasse das Licht einige Minuten einwirken. Die Pupille leuchtet unmittelbar hierauf weissröthlich und wird nach und nach röther. Ich liess zuerst die Gasflamme 5 Minuten wirken, fand aber später,

[1]) Vgl. Landois und G. Plath, über die sogenannten hypnotischen Zustände bei Thieren. Greifswald, 1876. 8°. S. 5—36.

dass schon oft 1 bis 1½ Minuten zu einer deutlichen Aenderung des Roth hinreichen.

2. Das blendend weisse Magnesiumlicht erfüllt schon den Zweck, wenn es eine halbe Minute und selbst weniger einwirkt. Man hat dabei keine Magnesiumlampe nöthig, sondern kann einfach ein mit einer Pincette gehaltenes Stück von Magnesiumblech in die dunkele Flamme eines Bunsen'schen Brenners bringen. Abgesehen davon, dass das Thier die Augenlider des blendenden Lichtes wegen zu schliessen sucht, sollte der Beobachter selbst dasselbe nicht betrachten. Es erzeugte wenigstens für mein Auge grüne Nachbilder, die sich mit einem Theile des Pupillenroths zu Weiss verbinden können.

3. Man bedient sich am besten des concentrirten Sonnenlichtes zu der starken Blendung. Das Kaninchen wird in den hellen Schein der Mittagssonne hingelegt und die Augenlidspalten offen gehalten. Das Thier zieht dann sogleich das dritte Augenlid möglichst weit vor. Nun wirft man die durch eine doppelt convexe Linse gesammelten Strahlen des Sonnenbildes einige Minuten lang in das Auge. Ist auch die Pupille nicht vorher erweitert worden, so dringt immer noch Licht genug durch das dritte Augenlid ein. Untersucht man das Auge in dem dunkeln Zimmer opthalmoskopisch bei der hellen weissen Gasflamme weniger als eine halbe Minute darauf, so erscheint oft die Pupille weiss-röthlich mit weit vorherrschendem Weiss. Sie wird im Laufe von einigen Minuten röther und röther. Es ist mir jedoch vorgekommen, dass sie das frühere Roth noch nach fünf Minuten nicht erreicht hatte.

Will man die Netzhaut des getödteten Kaninchens untersuchen, so ist es das Vortheilhafteste, das Leben des Thieres durch einen oder mehrere kräftige Schläge in den Nacken zu vernichten. Nur wenige Zuckungen gehen dann dem Tode voran. Man gewinnt ein schönes übersichtliches Präparat, wenn man den ausgeschnittenen Augapfel durch einen Aequatorialschnitt halbirt, die hintere Hälfte desselben in ein mit einem ebenen Boden versehenes und mit einer zehnprocentigen Lösung von einfach kohlensaurem Kali gefülltes Gläschen bringt und das Ganze unter einer Linearvergrösserung von

11 bis 12 im Durchmesser für 25 Centimeter Sehweite betrachtet. Man sieht dann die in der Mitte vertiefte, am Rande aufgewulstete Sehpapille und die im Kaninchen besonders starken und zahlreichen Nervenbündel des Sehnerven, die in die Netzhaut ausstrahlen, weiss, während die übrige Netzhaut prachtvoll rosenroth und die von der Sehpapille ausgehenden Stämme der Centralgefässe der Netzhaut blutroth erscheinen. Die Netzhaut wird erst nach längerer Zeit, z. B. nach einer Viertelstunde selbst in mässigem Tageslichte weiss, so dass man das Bild einer grösseren Zuhörerzahl zeigen kann.

Das Schwefelammonium, welches das Netzhautroth 25 Centimeter langer, mit weissen Haaren und schwarzer Aderhaut versehener Kaninchen in Ziegelroth verwandelte, erwies sich auch hier als ein verhältnissmässig noch besseres Erhaltungsmittel, wie das kohlensauere Kali, die fünfprocentige Alaunlösung und die Pyrogallussäure. Eine zehnprocentige wässrige Lösung von chromsaurem Kali färbte die Netzhaut nicht gelb, sondern weiss, vielleicht mit einer Spur von Röthlich. Auch hier liefern nicht selten die vordersten, der Linse benachbarten Theile der Netzhaut die stärksten und anhaltendsten Färbungen.

Die grosse Lichtempfindlichkeit des Netzhautroth muss es möglich machen, Lichtbilder mit Hülfe desselben zu erzeugen, da diese nur aus einer örtlich beschränkten, von der Lichtstärke eines jeden Punktes bestimmten Wirkung hervorgehen. Kühne[1]) erhielt in der That solche Photographieen oder, wie er sie nannte, Optogramme in den Netzhäuten des Kaninchens, des Rindes und des Frosches. Das Kaninchenauge besitzt nach ihm eine Sehweite von 19 bis 27 Centimetern. Er stellte daher eine matte Glastafel in dieser Entfernung von dem in einem dunkeln Kasten befindlichen ausgeschnittenen Auge auf und belegte sie mit schwarzen Papieren, aus denen verschiedene Figuren ausgeschnitten waren. Die Optogramme fielen zum Theil sehr scharf aus. Sie erhielten sich lange in den getrockneten Netzhäuten, selbst im Sonnenlichte, wenn sich das Roth in Orange verwandelt hatte. Man kann die grösseren Photographieen

[1]) Kühne, Centralblatt a. a. O., S. 194, 195.

der Netzhaut des Ochsenauges, das eine Stunde nach dem Tode empfänglich bleibt, unter einer sehr schwachen Kochsalzlösung näher betrachten. War das lebende Auge eines curarisirten Frosches, dessen unteres Augenlid vorher entfernt war, von einer Argand'schen Lampe zwei Stunden lang beschienen, so liess sich das Flammenbild derselben an der gesonderten Netzhaut des ausgeschnittenen Augapfels erkennen.

Ich suchte, noch ehe ich etwas von diesen Versuchen wusste, Optogramme dadurch zu erhalten, dass ich Glasplatten in der nöthigen Entfernung vor das Auge stellte, deren eine Seite mit Asphaltlack oder Mikroskopirlack von Kaiser bestrichen war und auf denen ich einen Buchstaben oder eine Zahl nach dem Trocknen ausgekratzt hatte. Ein blosser schwarzer Pappdeckelschirm reicht für Kreis- oder Viereckflächen hin. Macht man die heisse Flamme eines Bunsen'schen Brenners längere Zeit gelb und lichtstark, indem man immer etwas neues kohlensaueres Kali in sie einträgt, so erreicht man es nach einer Viertelstunde, dass sie sich auf der Netzhaut eines im Anfange noch warmen Ochsenauges abbildet. Wird man einmal ein bleibendes Fixationsmittel gefunden haben, so wird Nichts mehr im Wege stehen, die Netzhaut wie jede andere photographische Platte zu benutzen.

Eine Beobachtungsreihe, die man an Kaninchen ohne schwarzes Augenpigment anstellen kann, dürfte für den Unterricht nützlich sein. Man betrachtet zuerst das rothe Leuchten des Sehloches und die Gefässe des Augengrundes mittelst des Augenspiegels und einer doppelten convexen Linse, die man zwischen diesem und dem Kaninchenauge einschaltet, macht das Sehloch weissgelblich und die Gefässe schwarz durch den Gebrauch der gelben Natriumbeleuchtung, tödtet das Thier durch einen Genickschlag und schneidet das Auge aus. Das prachtvolle Netzhautroth schimmert dann durch die harte Haut lebhaft durch. Nun befestigt man den Augapfel in dem Ringe eines Stativs unbeweglich und stellt es so auf, dass das umgekehrte scharfe Bild einer durch einen Glascylinder vor dem Flackern geschützten Gasflamme, die ein dunkles Zimmer erhellt, durch eine

Stelle der harten Haut durchschimmert, die weder der Sehnervenpapille, noch den starken in die Netzhaut ausstrahlenden Sehnervenbündeln, sondern einem ununterbrochen rothen Bezirke entspricht. Diese letztere Bedingung ist nöthig, wenn man das Bild als Optogramm erhalten will.

Das bei dem Opthalmoskopiren auftretende Leuchten des Sehloches verschwindet kurz nach dem Tode. Es gelingt dann aber noch im Anfange, einen mehr oder minder röthlichen Schimmer an der schwarzen bis schwarzgrauen Pupille wahrzunehmen.

Legte ich die hintere Hälfte des Auges eines jungen Kaninchens 53 Minuten nach dem Genickschlage in eine zehnprocentige Lösung von einfach kohlensauerem Kali, so wurde die hochrothe Netzhaut in ihrer ganzen Ausdehnung lebhaft rosenroth. Die Farbe war im Tageslichte zu Weissröthlich mit einem Stich in's Gelbe im Laufe einer halben Stunde abgebleicht. Ein gesondertes Netzhautstück des anderen Auges dagegen erblasste weit rascher durch dieselbe Kalilösung. Ein anderes wurde sogleich weissröthlich durch kleesaueres Kali, ein drittes blassschmutzig grauröthlich durch verdünnte Essigsäure, zwei andere grauweiss durch eine wässrige Lösung von Haematoxylin und eine solche von carminsauerem Ammoniak. Passendes Schwefelammonium erhielt auch hier verhältnissmässig lange das Rosenroth, in das es das ursprüngliche Blassröthliche verwandelt hatte.

Die röthliche Farbe der Netzhaut von Rindsaugen kann noch ein bis zwei Stunden nach dem Tode wahrgenommen werden. Da jedoch viele Blutgefässe vorhanden sind, so darf man sich hierdurch nicht täuschen lassen und daher die mikroskopische Untersuchung nie vernachlässigen. Schwefelammon machte die Farbe rosenroth, zehnprocentige Salmiaklösung vorherrschend weiss, eine zehnprocentige Lösung von kohlensauerem Kali blassröthlich, eine fünfprocentige des Alauns oder verdünnte Essigsäure röthlich, Benzin weiss, einprocentige Borsäure blass mit einer Spur von Röthlich, Goldchlorid weissgelb und geronnen, kleesaueres oder chromsaueres Kali weiss. Steinöl liess ein ganz frisches Präparat im Anfange lebhaft roth, machte aber zwei spätere blass.

Ich füllte drei Röhren so mit Quecksilber, dass man kein Luftbläschen zwischen ihm und der Glaswand bemerkte, und stellte jede in einer gesonderten Quecksilberwanne auf. Ich versah dann einen Theil der ersten Röhre mit Wasserstoff, einen solchen der zweiten mit Kohlensäure und einen der dritten mit Kohlenoxyd und stellte ein zum Theil Atmosphäre enthaltendes Rohr als Parallelstück in eine vierte Wanne. Ein Netzhautstück wurde in den Gasraum einer jeden Röhre ungefähr $^3/_4$ Stunden nach dem Tode des Ochsen mittelst eines Eisendrathes eingeführt und daselbst eine halbe Stunde gelassen. Eine Pappdeckelkapsel schützte indessen jedes Rohr vor dem Eindringen des Lichtes. Die Netzhaut, die sich in der Atmosphäre befand, war am meisten abgeblasst. Dann kamen die Stücke, die in Wasserstoff und in Kohlensäure verweilt hatten. Das, welches dem Einflusse des Kohlenoxydes ausgesetzt worden, erschien am Röthesten. Es wurde durch Schwefelammonium rosenroth.

Ich füllte ein mit einem eingeriebenen Glasstöpsel versehenes Gläschen vollständig mit einer Lösung von Apomorphin, das einen Stich in's Grünliche besass, also schon etwas Sauerstoff angezogen hatte. Die Netzhaut blieb im Anfange röthlich, doch nicht so sehr, als in dem Kohlenoxyd, wurde aber später immer weisser.

Ein 7tägiges und daher noch blindes weisses Kätzchen, dessen Krystalllinse in dem Kerntheile weiss getrübt war, bot eine Netzhaut dar, die bei auffallendem Lichte vollkommen weiss erschien und einen zweifelhaften röthlichen Schimmer bei durchfallendem darbot. Schwefelammonium machte sie etwas röthlicher.

Das Murmelthier, das ich zu der Untersuchung der Netzhaut benutzte, hatte in der ersten Hälfte des milden Winters 1876/77 nur mit langen Unterbrechungen geschlafen und magerte daher in dieser Zeit merklich ab. Eine tiefe und anhaltende Erstarrung trat um die Mitte des Februar ein. Sie hatte 4 bis 6 Wochen gedauert, als ich das Thier am vorletzten März durch die beiderseitige Eröffnung der Brusthöhle rasch tödtete. Eine tiefe Ausathmung war die einzige Gegenwirkung, welche die Ausrottung des einen Augapfels begleitete. Als ich ungefähr 40 Minuten später den anderen entfernte, folgten

schwache Bewegungen der Beine nach. Das Herz hatte schon einige Zeit früher zu schlagen aufgehört.

Die in einem dunkelen Zimmer bei einer möglichst schwachen, Gelb enthaltenden Gasflamme vorgenommene Untersuchung liess die rothe Farbe der Netzhaut des durch einen Aequatorialschnitt halbirten Auges, besonders an den gefalteten Stellen, sogleich erkennen. Der Ton derselben glich bei der schwarzen Unterlage des Pigmentes demjenigen, den die Untersuchung mit dem Augenspiegel während des Lebens ergeben hatte. Ein auf ein Objectglas gebrachtes und mit einem Deckgläschen schwach zusammengepresstes Netzhautstück zeigte eine lebhafte braunrothe Färbung dem freien Auge und unter der Lupe. Eine 140fache Linsenvergrösserung lehrte, dass sie der Stäbchenschicht angehörte.

Ein Präparat, das dem schwachen Scheine der Gasflamme in einer Entfernung von einem halben Meter ausgesetzt blieb, erblasste vollständig während einer halben Stunde. Ein anderes, das in einem an einem dunkeln Orte befindlichen, allseitig geschlossenen undurchsichtigen Kästchen lag, erschien noch ziemlich roth um diese Zeit, war aber nach $1^1/_2$ Stunden vollständig abgebleicht. Man sieht hieraus, dass das Netzhautroth des winterschlafenden Murmelthieres einen hohen Grad von Lichtempfindlichkeit besass.

Die mikroskopische Untersuchung zeigte auch hier, wie leicht die Beurtheilung mit freiem Auge täuschen kann. Ein Bezirk eines Präparates blieb auch im Hellen roth. Die Betrachtung unter einer 140fachen Linsenvergrösserung lehrte aber, dass die Farbe nicht von der Netzhaut, sondern von anhaftendem Pigmente herrührte.

Ich brachte ein Netzhautstück in ein mit Watte umgebenes Glasgefäss und kühlte das Ganze, das im Dunkeln gehalten wurde, durch Auftröpfeln von Aether ab. Die Netzhaut war noch stark röthlich bei + 6° C. Eine schwachröthliche Färbung erhielt sich bei 0° C. Ein anderes Präparat zeigte sich röthlich mit einem Stiche in's Braune, nachdem es in einem Luftraume von 45° C. bis 50° C. 3 bis 4 Minuten lang verweilt hatte. Ein kurzer Aufenthalt in Luft von 75° C. machte es grösstentheils ganz weiss. Die noch röthliche Farbe einzelner Stellen rührte von anhaftendem Pigmente her, wie die mikro-

skopische Untersuchung lehrte. Ein Netzhautstück, das 2 Stunden nach der Eröffnung der Brusthöhle vollkommen abgeblasst war, wurde schwach schmutzig röthlich nach der Befeuchtung mit farbloser verdünnter Essigsäure.

Untersuchte man Präparate, deren Netzhauttheile schon weiss, an denen aber einzelne Stellen durch anhaftendes Pigment röthlich gefärbt waren, auf dem blauen Grunde des oben erwähnten Kobaltglases, so erschienen die Netzhautstellen immer noch fast weiss, die pigmentirten Orte hingegen purpurroth. Das hellblaue Glas machte diese roth und jene blauweiss und das grüne die Ersteren schmutzig roth und die Letzteren grün.

Es ergibt sich aus dem eben Dargestellten:

1. Da die rothe Farbe der Netzhaut nicht dem Purpur entspricht, und die Beziehungen der durch ihre grosse Lichtempfindlichkeit bedingten Photographie oder Optographie zum Sehen noch nicht festgestellt sind, so dürfte der allgemeinere Name des Netzhautroth dem des Sehpurpurs vorzuziehen sein.

2. Ein Frosch, dessen beide unteren Augenlider weiss und undurchsichtig waren und in den letzten Lebenstagen beständig heraufgezogen blieben, Thiere der Art, deren Krystalllinse durch die Einführung von Kochsalz in die Mundhöhle vollkommen weiss geworden, andere, die ein halbes Jahr im Dunkeln zugebracht, und ein Murmelthier, das 4 bis 6 Wochen fest geschlafen hatte, zeigten ein sehr empfindliches Netzhautroth, welches nicht selten das von Fröschen, die im Hellen lebten, an Stärke merklich übertraf. Die Dunkelheit begünstigt die Färbung durch Mangel an Abnutzung durch das Licht. Man hat daher hier das Entgegengesetzte, wie in den Nerven und den Muskeln, deren Unthätigkeit auf die anatomischen und physiologischen Eigenschaften schädlich wirkt.

3. Will man sich vor Täuschungen sichern, so muss man die Netzhautpräparate, deren Roth man genauer zu prüfen beabsichtigt, unter stärkeren Vergrösserungen untersuchen und sich auf diese Weise überzeugen, dass die Färbung von den Aussenseiten der regelmässig gestellten Stäbchen und nicht von zufällig anhaftenden dun-

keln oder rothen Pigmentmassen, die natürlich nicht lichtempfindlich sind, herrühren. Es versteht sich von selbst, dass diese Sicherheitsmassregel bei erwachsenen Albinokaninchen, denen das schwarze Pigment im Auge fehlt, überflüssig ist.

4. Das Netzhautroth des Frosches, der Taube, des Kaninchens und auch des Murmelthieres kann verschiedene Grade von Stärke und Ton mit dem Wechsel der Orte darbieten. Hebt man einzelne Strecken der Netzhaut des Frosches mit der Messerspitze ab oder entfernt man sie durch Abkratzen, so bekommt man häufig schön rothe Stücke in dem Vordertheile der Netzhaut, welcher sich in der Nachbarschaft der Linse befindet und an dieser oft bei dem gebrauchten Verfahren haften bleibt. Man kann zwar das Roth aller genannten Thiere bei dem Eintrocknen der Netzhaut im Finstern und durch die Wirkung einzelner Reagentien eine kurze Zeit erhalten. Seine grosse Lichtempfindlichkeit, von welcher die Möglichkeit der Optographie herrührt, bedingt es aber, dass es im Tageslichte und selbst in einem scheinbar ganz finstern Raume bald abbleicht. Sollte sich, wie zu hoffen, ein dauerndes Fixationsmittel finden lassen, so wird man die Netzhaut vollkommen wie eine photographische Platte benutzen können.

5. Kältegrade, die unter dem Gefrierpunkte des Wassers liegen, beschleunigen das Abbleichen des Netzhautroth in hohem Grade. Sie schaden am Nachdrücklichsten den gesonderten Netzhautpräparaten, die sich, durch ein Deckgläschen geschützt, auf einem Objectglase befinden, weniger dem ausgeschnittenen Auge im Ganzen und am Wenigsten, wenn der lebende Frosch durch niedere Temperaturen zur Erstarrung gebracht wird. Man kann noch ein lebhaftes Netzhautroth finden, nachdem sich das Thier 10 Minuten lang in einer Kälte von — 14° C. und — 13° C. aufgehalten hat und völlig erstarrt ist. Ein Netzhautpräparat eines seit 4 bis 6 Wochen fest eingeschlafenen Murmelthieres erblasste nicht vollständig bei 0° C.

6. Die Nerven und die Muskeln eines Frosches pflegen ihre Reizempfänglichkeit bei 33° C. bis 35° C. einzubüssen. Diese Wärme lässt das starke Roth der gesonderten Netzhautpräparate desselben

Thieres ungestört fortbestehen. Ein rascheres Abblassen beginnt bei nahezu 40° C. Doch kann sich noch eine Spur von Roth bei 65° C. und in besonders günstigem Falle nach kurzem Verweilen bei 102° C. erhalten. Sonst sind schon 75° C. bis 80° C. im Stande, die gesonderte Netzhaut sehr rasch zu bleichen.

Man findet auch hier die Norm wieder, dass die einen Frosch rasch tödtende Hitze von 57° C. bis 58° C. das Netzhautroth in voller Stärke fortbestehen lässt, während eine bedeutend niederere Wärme dem gesonderten Netzhautpräparate nachdrücklich schadet. Der Einfluss, den die natürliche Lagerung und Berührung der Netzhaut mit ihren Nachbartheilen ausübt, macht sich bei Kälte und Wärme wesentlich geltend.

7. Der Strom einer aus sechs grossen, mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zink-Kohlenelementen bestehenden Batterie, die 9 C. C. Knallgas in der Minute unter den S. 42 angegebenen Verhältnissen lieferte, konnte eine Viertelstunde lang durch das Auge eines Frosches gehen, ohne das Netzhautroth durch Electrolyse abblassen zu lassen. Dasselbe wiederholte sich, wenn 1830 sehr kräftige Schliessungs- und Oeffnungsschläge eines Magnetelectromotors innerhalb einer Viertelstunde, und noch deutlicher, wenn 427 solcher Doppelschläge in 3½ Minuten ein Froschauge getroffen hatten.

8. Man kann einen seit Monaten im Dunkeln gehaltenen Frosch so sehr ätherisiren oder chloroformiren, dass das Thier wie todt daliegt, sein Herz nicht mehr schlägt und die Reizempfindlichkeit der Nerven und der Muskeln beträchtlich abgenommen hat, ohne dass die Stäbchenschicht der Netzhaut ihre gesättigt rothe Farbe verliert. Diese erhielt sich bisweilen noch Stunden lang in Fröschen, die in der Gefangenschaft aus unbekannten Ursachen zu Grunde gegangen.

9. Da tiefrothe, nur unter starken Vergrösserungen kenntliche Kugeln neben eben so kleinen gelben den Stäbchen der Netzhaut der Taube anliegen, so bemerkt man hier einen röthlichen Schimmer, auch wenn kein Netzhautroth mehr vorhanden ist. Er kann sich auch Tage lang nach dem Eintrocknen erhalten.

10. Während das Schloch des mit keinem schwarzen Pigmente

versehenen Auges eines erwachsenen Albinokaninchens prachtvoll hell rubinroth leuchtet, so wie die von dem Augenspiegel zurückgeworfenen Strahlen weissen Lichtes in das Innere des Auges fallen, und man dann die Blutgefässe mit Hülfe einer eingeschalteten Sammellinse blutroth auf weissem oder röthlichem Grunde sieht, wird die Pupille, wie schon Kühne bemerkte, weiss bis weissgelblich oder weissbläulich in einfarbigem gelben Natriumlichte. Die Gefässe erscheinen schwarz, wie mit Sepia gezeichnet, auf weissem Grunde. Eine geringe Beimischung weissen Lichtes genügt, das Röthliche in beiderlei Beziehungen auftreten zu lassen und zwar an den Blutgefässen früher, als an dem Sehloche. Man kann ganz ähnliche Erfahrungen an dem Hunde, der Katze, dem wachen oder dem erstarrten Murmelthiere machen, wenn das Auge in Bezug auf den Augenspiegel passend gestellt worden. Ist dies nicht der Fall, so erscheint das Schwarz der Pupille durch den Einfluss der Krystalllinse graugrünlich bis weissgrünlich.

Stellen wir uns die Wirkungen der anders gefärbten Flammen übersichtlich zusammen, so haben wir:

Zum Färben der heissen Gasflamme benutzte Körper.	Farbe der Flamme.	Farbe		
		des Leuchtens des Sehloches.	der Blutgefässe.	des Augengrundes zwischen den Blutgefässen.
Kohlensaueres Kali	Schwachleuchtend blauviolett	Weissröthlich bis Weiss	Röthlich	Weisslich
Chlorlithium	Lebhaft roth	Tiefroth	Hell blutroth	Roth
Borsäure	Grün	Weissgrünlich, später weissröthlich	„ „	„
Kohlensaueres oder salpetersaueres Thallium	Grün	Weissröthlich	Dunkelroth	„
Schwefelsaueres Kupferoxyd-Ammoniak	Grün	Sehr reines Weiss	Schwarz bis tief schwarzroth	Weiss bis weissgrünlich
Kohlensaueres Kupferoxyd (Bergblau)	Weissblau, häufiger grün	Weissgrünlich bis weissröthlich	Dunkelroth	„
Dunkle weisse Gasflamme	Bläulichviolett	Weissgelblich bis weissröthlich		

Das schwarze Aussehen der Blutgefässe bei einer einfarbigen nicht rothen Beleuchtung erklärt sich dadurch, dass hier, wie bei jedem anderen rothen Körper, keine rothen Strahlen zurückgeworfen werden. Zeichnete sich die grüne Flamme des schwefelsaueren Kupferoxyd-Ammoniaks dadurch aus, dass das Sehloch in sehr reinem Weiss leuchtete, so folgt, dass unter den grünen Linien, welche dieser Körper im Spectrum zeigt, eine oder mehrere einem Grün entsprechen, das genau die Ergänzungsfarbe des Netzhautroth des Albinokaninchens bildet. Das S. 35 erwähnte grüne Glas leistete ähnliches, wenn auch unvollständiger. Das vorherrschende Weiss, welches die gelbe und die anderen Arten grüner Flammen lieferten, deutet an, dass Ergänzungsfarben genug für solche Beleuchtungsarten im Innern des Auges vorhanden sind und dann die Hauptmasse der Netzhaut ihre Farbe nachdrücklicher geltend machen kann.

11. Die Stärke des Roth, in welchem das mit dem Augenspiegel untersuchte Auge des Kaninchens leuchtet, wechselt mit der Stellung des Augapfels. Will man dieselbe zu verschiedenen Zeiten vergleichen, so muss man dafür sorgen, dass sie, eben so wie die Lichtstärke der Beleuchtungsflamme, möglichst genau gleich bleiben. Man wählt am Besten den Parallelismus der Ebene des Sehloches und der Oberfläche des Augenspiegels, weil dann das Roth am lebhaftesten erscheint.

Dieses vorausgesetzt, so lässt sich nachweisen, dass ein schwächeres und längere Zeit oder ein stärkeres und kürzer einwirkendes Licht das Netzhautroth des lebenden Auges so sehr bleichen kann, dass die Pupille unmittelbar darauf nur weissröthlich, ophthalmoskopisch leuchtet. Sie wird wiederum im Verlaufe weniger Minuten röther und röther, bis sich endlich die frühere Färbung einstellt. Man kann die Blendung dadurch herbeiführen, dass man eine helle weisse Gasflamme einige Minuten lang oder das weisse Magnesiumlicht kürzere Zeit auf die Netzhaut wirken lässt. Das beste Mittel besteht aber darin, das durch eine Sammellinse concentrirte Licht der Mittagssonne 1 bis $1\frac{1}{2}$ Minuten in das Auge zu werfen. Ist auch das dritte Augenlid vorgezogen und die Pupille nicht durch Atropin erweitert,

so dringt doch immer noch Licht genug ein, um ein kräftiges Abbleichen des Netzhautrothes erkennen zu lassen.

12. Die von Kühne zuerst ausgeführte Optographie oder Photographie der Netzhaut bildet natürlich ein örtlich beschränktes Abbleichen, dessen Stärke in jedem Punkte von der daselbst thätigen Lichtstärke abhängt. Die durch immer neues kohlensaueres Natron gespeiste und daher stets hell gehaltene heisse Gasflamme kann sich auch auf diese Weise, wenn sie ungefähr eine Viertelstunde einwirkt, in dem noch ganz frischen Auge des Rindes abbilden. Das von schwarzem Pigmente freie Auge eines erwachsenen Albinokaninchens eignet sich zu dem S. 55 beschriebenen, mannigfach belehrenden Collegienversuche und zu der nicht minder anschaulichen S. 53 erwähnten Demonstration unter einer schwachen Mikroskopvergrösserung.

13. Ein noch blindes, siebentägiges Kätzchen zeigte eine bei auffallendem Lichte ganz weisse und bei durchfallendem nur mit einer zweifelhaften Spur von Röthlich versehene Netzhaut nach der Enthauptung. Sie wurde etwas röthlicher, aber immer noch sehr wenig durch Schwefelammon. Die Kerne beider Krystalllinsen waren noch weiss und undurchsichtig.

14. Ein seit 4 bis 6 Wochen fest eingeschlafenes Murmelthier lieferte ein gegen den Einfluss des Lichtes sehr empfindliches Netzhautroth, das, auf seiner schwarzen Unterlage des Pigmentes der Aderhaut, denselben Stich in das Braune darbot, wie das Leuchten des Sehloches im Leben bei der Untersuchung mit dem Augenspiegel. Eine Kälte von 0° C. verwandelte noch nicht die Färbung in Weiss, wie schon oben erwähnt wurde. Dieses geschah durch Luft von 75° C. Die vollkommene Entfärbung fehlte aber noch bei 45° bis 50° C.

15. Ein und dasselbe Reagens kann auf das Netzhautroth eines Präparates anders, als auf ein zweites desselben oder eines anderen Auges wirken. Man muss daher in dieser Hinsicht mit allgemeinen Angaben sehr zurückhalten. Dessenungeachtet dürften einige hierher gehörende Wirkungen weitere Schlüsse möglich machen. Wenn das

kräftige Netzhautroth unter sauerstofffreiem Steinöl hin und wieder längere Zeit unverändert bleibt, so folgt, dass die Anwesenheit von Sauerstoff zu seinem Bestehen nicht nöthig ist. Hiermit stimmt, dass es sich theilweise eine halbe Stunde lang in Wasserstoff, Kohlensäure und Kohlenoxyd erhalten kann, während es gleichzeitig in der Atmosphäre stärker abbleicht. Die vortheilhafte Wirkung des Kohlenoxyds deutet an, dass der völlige Sauerstoffmangel in dem Präparate das Bestehen des Roths begünstigt. Rechnet man nun noch dazu, dass ein Reductionsmittel, wie das Schwefelammon, von der S. 45 angegebenen Beschaffenheit, die rosenrothe Farbe der Netzhaut eine Zeit lang erhält, so ist man zu der Vermuthung berechtigt, dass das Abbleichen des Netzhautrothes auf einem durch das Licht ausserordentlich begünstigten und daher beschleunigten Oxydationsprocesse beruht. Diese Annahme macht es verständlicher, weshalb keine Finsterniss vor dem endlichen Erblassen des Roth schützt und sich die Färbung in dem vollkommen ausgetrockneten Präparate länger, als in dem feuchten erhält. Stellt sie sich nach Kühne wieder her, wenn man die abgeblasste Netzhaut auf ihre früheren Nachbargewebe legt, so dürfte dieses vielleicht von einer desoxydirenden Wirkung der Aussentheile der Stäbchen herrühren.

Nachtrag.

Eine Reihe von Arbeiten über das Netzhautroth, die mir seit der am 13. April 1877 erfolgten Absendung des Manuscriptes dieser Abhandlung zu Gesicht gekommen, bestimmt mich, einige Ergänzungen hinzuzufügen.

E. Fuchs und Welponer[1]), so wie Schenk und Zucker-

[1]) E. Fuchs, Wiener medicinische Wochenschrift. 1877. 4. Nr. 10. S. 222. Vgl. auch den Bericht über Boll's und Kühne's erste Untersuchungen. Ebendaselbst Nr. 8. S. 173—175.

kandl[1]) beschrieben das Netzhautroth aus dem Auge eines hingerichteten Erwachsenen, aus zwei neugeborenen Kindern und einem siebenmonatlichen Fötus. Die Annahme von Jæger[2]), dass es von Blutfüllung herrühre, hat den spektroskopischen Befund gegen sich. Die spektroskopisch untersuchte Netzhaut des lebenden Thieres zeigt die Haematinbänder, wenn man die Blutgefässe derselben im Gesichtsfelde hat. Das Roth der gesonderten, unter stärkerer Vergrösserung betrachteten Stäbchenschicht dagegen giebt, wie schon oben erwähnt wurde, Nichts der Art. Wurde es mit concentrirter Essigsäure behandelt, so bemerkt man auch kein Haematinband.

Boll[3]) hat die Ergebnisse seiner fortgeführten Studien in zwei Abhandlungen veröffentlicht. Setzte er Frösche, die lange Zeit vorher im Dunkeln gehalten waren, dem Sonnenlichte aus, so zeigte sich das Netzhautroth schon nach fünf Minuten merklich abgeblasst. Es war nach zehn Minuten gänzlich geschwunden. Diffuses Tageslicht führte erst nach zwei Stunden zu demselben Ergebnisse. Ein starkes Roth kehrte dann nach eben so langem Aufenthalte im Dunkeln wieder[4]). Es kann sich in Säugethieren zwölf Stunden und länger nach dem Tode erhalten[5]).

Unter den angewandten Reagentien beobachtete auch Boll[6]) das verhältnissmässig lange Verharren der gelblichen Farbe der Netzhaut in Essigsäure[6]). Druck machte sie zuerst grün und dann farblos[7]). Bringt man ein kleines Spektroskop vor dem Augenspiegel an, so erzeugen die Blutmassen, welche sich in den Gefässen des Augengrundes befinden, die Blutbänder[8]). Boll[9]) schildert auch ausführlich

[1]) E. Fuchs, Wiener medicinische Wochenschrift. 1877. 4. Nr. 10. S. 222.

[2]) Jaeger. Ebendas. Nr. 11. S. 258. 259.

[3]) F. Boll, Sull' Anatomia e Fisiologia della Retina. Roma. 1877. 4. p. 1—24 und Monatsberichte der Berliner Akademie, den 11. Januar und 15. Februar 1877. 8. S. 1—9. Vgl. auch Centralblatt der medicinischen Wissenschaften. Berlin, 1877, 8. Nr. 13. S. 230—233. Nr. 23. S. 405—410.

[4]) Sull' Anatomia. p. 5. 6. Monatsberichte S. 7.

[5]) Sull' Anatomia. p. 8.

[6]) Ebendas. p. 11.

[7]) Ebendas. p. 12.

[8]) Ebendas. p. 15.

[9]) Ebendas. p. 16—20. Monatsberichte S. 2—4.

durch Wort und Abbildungen die Färbungen, welche die Netzhaut nach dem Aufenthalte im Dunkeln, im Sonnenlichte und in verschiedenen, durch gefärbte Gläser erzeugten Beleuchtungen darbietet, und bespricht die Beziehungen des Netzhautroths zu den gelben Pigmenttropfen und die hypothetischen Einflüsse desselben auf den Act des Sehens[1]). Die Entfärbung der Netzhaut bewirkt bisweilen, dass sie sich nicht als ununterbrochene Haut lostrennen lässt und eine grössere oder geringere Menge von Pigmentgeweben an ihr haften bleibt.[2])

Kühne[2a]) lieferte zwei neuere Abhandlungen[3]), welche seine früheren Mittheilungen wesentlich erweitern. Die erste Arbeit beschäftigt sich vorzugsweise mit dem Netzhautroth des Frosches, dessen Abbleichen im Lichte und dessen Wiederherstellung durch das an die Aderhaut grenzende Netzhautepithel und mit einer von Warlemont gemachten persönlichen Bemerkung gegen Kühne. Die zweite giebt eine grössere Reihe neuer Erfahrungen. Kühne[4]) warnt hierbei zunächst mit Recht davor, das Roth, welches nur an den Endtheilen der Stäbchen, nicht aber an den Zapfen vorkommt, als die einzige lichtempfindende Masse der Netzhaut anzusehen. Er fand ebenfalls, dass jede Art (nicht zu starker) electrischer Reizung die Färbung nicht zerstört[5]). Die alkalische Beschaffenheit derselben ändert sich nicht während des Abbleichens der rothen Farbe[6]). Da die Tauben und die Eulen kein Netzhautroth neben den gelben und rothen, der Stäbchenschicht anhaftenden Kugeln nach Kühne zeigen, so folgt, dass es zum Sehen nicht nothwendig ist[7]). Andere Vögel, wie

[1]) Sull' Anatomia p. 19—25. Monatsberichte S. 5—7.

[2]) Sull' Anatomia p. 19, 20. Monatsberichte S. 9.

[2a]) Vgl. auch med. Centralblatt Nr. 3, S. 33—35. Nr. 4, S. 49, 50. Nr. 15, S. 257—260.

[3]) W. Kühne, zur Photochemie der Netzhaut in den Untersuchungen aus dem physiologischen Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft I. Heidelberg. 1877. 8. S. 1—14, und über den Sehpurpur, ebendas. S. 15. 102.

[4]) S. 18.

[5]) S. 21. 22.

[6]) S. 22.

[7]) S. 25.

Eulen und Falken, bieten es dar[1]). Das Roth fehlt der Fledermaus (Rhinolophus hipposideros Bechst.) gänzlich. Man findet es dagegen sehr ausgesprochen in dem im Dunkeln lebenden Dachse[2]). Ein menschliches Auge, das 48 Stunden nach dem Tode deutlich roth erschien, zeigte keinen Purpur in dem gelben Flecke und dessen Nachbarschaft, also auch nicht in der Centralvertiefung, eine Erfahrung, die Kühne auch später an einem andern Paare menschlicher Augen insofern bestätigt hat, als es sich um die Anschauung des freien Auges handelte. Rothe Aussenglieder der Stäbchen fanden sich hier in dem noch gelben äussersten Bezirke vor[3]). Die Augen eines Affen (Macacus cynomolgus) liessen, wie die des Menschen, erkennen, dass die blassere Purpurfarbe in der Nachbarschaft des gelben Fleckes auffallend abnahm und an diesem und der Centralgrube gänzlich fehlte. Man vermisste sie in zahlreichen Exemplaren von Tropidonotus natrix und Anguis fragilis[4]).

Kühne beschreibt noch ausführlich seine mannigfachen Versuche, das Netzhautroth mit oder ohne die Stäbchen in Flüssigkeiten der verschiedensten Art aufzulösen[5]). Es wurde schon oben erwähnt, dass nur die Galle und Cholatlösungen zum Ziele führten. Diese Purpurlösung verschluckt viel Gelb der D-Linie, wie man auch an der frischen Netzhaut des Frosches sehen kann, welche, gegen die gelbe Natriumflamme gehalten, grau erscheint. Man bemerkt den Unterschied ebenfalls, wenn man ein mit der Purpurlösung gefülltes Gläschen vor die eine Hälfte der Spektroskopspalte und ein Wasser enthaltendes vor die andere Hälfte bringt[6]).

Spektralversuche lehrten, dass einfarbiges Licht das Netzhautroth des Frosches eben so gut wie weisses bleicht. Jenes wirkt jedoch der geringeren Lichtstärke wegen langsamer. Die Skala der abneh-

[1]) S. 26—28.
[2]) S. 28, 30.
[3]) S. 32.
[4]) W. Kühne, Ueber die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge. 1877. 8. Extraabzug S. 1—4.
[5]) S. 35—36.
[6]) S. 51, 52.

menden Geschwindigkeit des Erfolges ist: Grüngelb, Gelbgrün, Grün, Blaugrün, Grünblau, Cyan, Indigo, Violett, hierauf reines Gelb, Orange, viel später Ultraviolett und Roth. Die Uebergangsstufen des Sehpurpurs in Weiss, nämlich Orange, Chamois und Blassgrün widerstehen am Wenigsten dem Indigo und dem Violett. Sie erhalten sich im Anfange des Ultraviolett länger als im Cyan bis zum Orange und am längsten im Roth[1]). Das Gelbgrün, welches die grösste Lichtstärke für unser Auge hat, zerstört auch den Sehpurpur am schnellsten[2]). Kühne beschliesst noch diese Mittheilungen mit der Schilderung des Verhaltens von Froschnetzhäuten in verschiedenen Lichtarten gemischter Färbung[3]).

Hat man einen Frosch einige Stunden im Sonnenlichte verweilen lassen, schneidet dann beide Augen nach dem Tode aus und untersucht das eine sogleich, das andere dagegen nach einer halben bis einer ganzen Stunde, so erscheint die Netzhaut des ersten weiss und die des zweiten roth, weil indessen das Netzhautepithel wiedererzeugend gewirkt hat[4]).

Kühne beschreibt noch ausführlich die Herstellung von Optogrammen, die durch Blosslegung der Aussenfläche der Netzhaut am deutlichsten erkannt werden, und die Erhaltungsversuche derselben[5]). Er bemerkt bei dieser Gelegenheit ebenfalls, dass eine zweiprocentige Lösung von Essigsäure das Roth auch im Lichte mehrere Stunden bestehen liess und Reductionsmittel, wie eine Mischung von Eisenvitriol oder Zinnchlorür mit Weinsteinsäure und überschüssigem Ammoniak, Schwefelammonium und Schwefelwasserstoff keine Farbenänderung des frischen Roth und keine Rückfärbung im Lichte gebleichter Netzhautstücke erzeugten. Es erhielt sich, einem Kohlensäurestrom ausgesetzt, wie in der Luft, in Wasser oder in Blutserum[6]).

[1]) S. 58. 59.
[2]) S. 60.
[3]) S. 61—67.
[4]) S. 69.
[5]) S. 72—102.
[6]) S. 88.

Eine der Arbeit beigegebene farbige Tafel zeigt eine Kaninchennetzhaut ohne Optogramm und die Optogramme eines Ladenausschnittes, eines Bogenfensters, einer Oberlichtvorrichtung und eines Streifengegenstandes, wie sie sich nach dem Einlegen in Alaunlösung darstellten.

Die übrigen, mir noch zu Gesichte gekommenen Mittheilungen über das Netzhautroth beziehen sich auf das Auge des Menschen.

H. Adler[1]) glaubt aus den Untersuchungsbefunden enucleirter Menschenaugen schliessen zu können, dass das Roth bei Unthätigkeit der Netzhaut fehlt, bei Thätigkeit derselben hingegen vorhanden ist. H. Schmidt-Rümpler[2]) dagegen fand noch das Roth in der seit sechs Wochen vollkommen erblindeten Netzhaut eines Menschen, in dessen kleinem Gehirne sich eine Geschwulst entwickelt hatte. Die Gegend des gelben Fleckes zeigte kein Roth. Michel[3]) vermisste mit Gerlach und Rosenthal die rothe Netzhautfarbe in einem ganz gesunden, vorher im Dunkeln gehaltenen und im dunkeln Zimmer enucleirten Auge unmittelbar nach der Entfernung aus der Augenhöhle. Die Gegend des gelben Fleckes erschien vollkommen farblos, so dass ihre Farbe, wie auch Schmidt-Rümpler hervorgehoben, zu den Leichenerscheinungen gehört.

M. F. Dietl und F. Plenk[4]) sind der Ansicht, dass man das Netzhautroth ophthalmoskopisch nicht wahrnehmen könne, weil der Netzhautgrund des mit starkem Roth versehenen Froschauges bei der Beobachtung mit dem Augenspiegel graublau erscheint. Lässt man ein albinotisches Kaninchen von der Carotis aus verbluten, so blasst der Augengrund etwas ab. Eine nach dem Kopfe gerichtete Einspritzung von Milch in die zweite Carotis lässt das Roth rasch verschwinden. Der Augengrund wird gleichförmig milchweiss. Man erkennt an ihm nicht mehr einen irgend gesonderten Theil.

E. A. Coccius[5]) hebt hervor, dass das Netzhautroth nur die Farbe

[1]) Medicinisches Centralblatt 1877 Nr. 14. S. 242—245.
[2]) Ebendas. Nr. 23. S. 401—403.
[3]) Ebendas. Nr. 24. S. 423—424.
[4]) Ebendas. Nr. 16. S. 273—274.
[5]) E. A. Coccius, üb. die Diagnose des Sehpurpurs im Leben. Leipzig 1874. S. 3—21.

der Aderhaut, wie sich bei der ophthalmoskopischen Untersuchung zeigt, ändert. Er beschreibt Versuche an Ochsen- und Kaninchenaugen, in denen man die Röthe in dem entsprechenden Bezirke sichtbar machen kann, wenn man die Netzhaut mit einer eingeführten Sonde drückt, und bezweifelt die Nothwendigkeit des Roths für das Sehen, weil Thiere, die am Lichte gehalten worden und in denen es mangelt, vollständige Gesichtsempfindungen verrathen.

Die mehrfach festgestellte Thatsache des Mangels des Netzhautrothes in der Centralgrube und in der ganzen Ausdehnung des gelben Fleckes, mit Ausnahme des äussersten Bezirkes desselben, und die Abwesenheit desselben in den Zapfen, diese mögen, wo sie wollen, vorkommen, also auch in denen der Centralgrube, mit einem Worte an allen Orten, mittelst deren die gesunde Netzhaut des Menschen deutlich sieht, dürfte einen neuen Grund geben, den Nichts voraussetzenden Namen des Netzhautrothes den übrigen, bis jetzt vorgeschlagenen Benennungen vorzuziehen.

Die in neuester Zeit ausgesprochene Ansicht, dass es den schädlichen Einflüssen der electrischen Ströme unbedingt widersteht, bewährt sich nicht. Liess ich die oben erwähnte Batterie, die aus sechs grossen mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zink-Kohlenelementen bestand, lange genug einwirken, so wurde auch die rothe Farbe der Netzhaut zerstört. War der Frosch enthauptet und das Gehirn zermalmt worden, so brachte ich das Präparat auf eine dicke Korkplatte, stach die positive Electrodennadel dicht neben dem hintern Rande des rechten und die negative an der entsprechenden Stelle neben dem des linken Auges ein, bedeckte das Ganze mit einem dunkeln Kasten und liess den Strom 25—35 Minuten wirken. Da sich die Messingnadeln, die ich in dem ersten Dutzend der Versuche gebrauchte, vorzugsweise an dem positiven Pole oxydirten, so vertauschte ich sie später mit Platindrähten. Beiderlei Versuchsarten lehrten, dass häufig die Zeit von 25 Minuten zu kurz war, um das Netzhautroth gänzlich zu zerstören. Es fehlte dagegen in der Regel

nach 30—35 Minuten. Die vor der Aderhaut oder der Netzhaut liegenden Theile verriethen eine auffallend schleimigte Beschaffenheit. Ich hatte Fälle, in denen diese nur an dem negativen, und andere, in welchen sie an beiden Polen auftrat. Das Netzhautroth war bisweilen in dem erstern Falle mehr oder minder neben ihr erhalten.

Ich theilte den enthirnten Kopf des enthaupteten Frosches durch einen mittleren Längsschnitt in zwei ungefähr gleiche Stücke, stach die positive Platinnadel von drei Elementen der erwähnten Batterie, die 4,5 C. C. Knallgas in der Minute lieferte, an dem hintern Rande des rechten Auges so ein, dass der Hauptstrom mitten durch dasselbe ging, wenn der negative Draht in der Spitze des Oberkiefers haftete, und bedeckte das Ganze mit einem dunkeln Kasten. Die linke Kopfhälfte diente zu einem ganz ähnlichen Versuche, nur mit dem Unterschiede, dass sich hier die negative Platinnadel hinter dem Auge und die positive in dem Vorderrande des Oberkiefers befand. Liess ich dann den Strom von je drei Elementen 25 bis 30 Minuten lang durchgehen, so fand sich in den gelungensten Versuchen, dass die Netzhaut des Auges des positiven Poles farblos und unter einer 120-fachen Linearvergrösserung minder durchsichtig und wie geronnen erschien, die des negativen hingegen ihre rothe Färbung und zwar oft noch sehr stark, sowie ihre Weichheit und Durchsichtigkeit bewahrt hatte. Minder glückliche Erfahrungen liessen die Netzhaut des negativen Poles röther, als die des positiven erscheinen. Man hängt natürlich hier von der unbekannten Beschaffenheit der Netzhäute in Betreff der nöthigen Dauer der Einwirkung des Stromes in hohem Grade ab. Ich habe daher den Versuch einige dreissig Male wiederholt und das günstigste Ergebniss so oft erhalten, dass es mir keinem Zweifel unterliegt, dass einer oder mehrere der an dem positiven Pole auftretenden electronegativen Körper (Säuren und Sauerstoff) das Netzhautroth früher zerstören, als die am negativen frei werdenden electropositiven (Alkalien und Wasserstoff). Untersuchte ich die Reaction der Netzhaut mit sehr empfindlichem blauem und mit geröthetem Lackmuspapier, so zeigte sich immer eine verhältnissmässig stark sauere Reaction am positiven und eine nachdrückliche alkalische

Wirkung an dem negativen Pole, wenn die Electrolyse bis zur Zerstörung des Roth fortgeschritten war. Der negative Pol gab eine kräftige alkalische Farbenänderung, wenn noch seine Netzhaut ein starkes Roth darbot. Ich hatte an dem positiven Pol einen Fall, in dem die Stäbchen schon völlig abgebleicht waren, als sich noch das geröthete Lackmuspapier blau färbte. Diese Erfahrung dürfte vielleicht andeuten, dass nicht die Säuren, sondern der frei werdende thätige Sauerstoff, das frühere Bleichen des Netzhautrothes an dem positiven Pole herbeiführt.

Die Thatsache, dass es auch in sauerstofffreien Luftarten, wie Wasserstoffgas, oder in sauerstoffhaltigen, die keinen Sauerstoff abgeben, wie Kohlensäure oder Kohlenoxyd, nicht sogleich abbleicht, spricht nicht unbedingt gegen jene Vermuthung. Die Flüssigkeiten, welche die Netzhaut durchtränken, enthalten ebenfalls Sauerstoff, und die Erscheinung, dass die rasch getrocknete Netzhaut ihre, wenn auch veränderte Färbung bedeutend länger, als die feuchte, bewahrt, lässt sich unter diesen Verhältnissen leichter begreifen. Bildet das Kohlenoxyd das verhältnissmässig beste Erhaltungsmittel unter den genannten Gasen, so hat es zugleich die Eigenschaft, den Sauerstoff aus dem Blute und wahrscheinlich auch aus anderen thierischen Flüssigkeiten auszutreiben und diese für die Aufnahme neuen Sauerstoffes weniger empfänglich zu machen.

Das Licht ist allerdings das kräftigste Zerstörungsmittel des Netzhautroths. Allein die mögliche Abhaltung desselben erhält dasselbe nicht für unbestimmte Zeit. Ich legte die gesonderte, zwischen einem Objectglase und einem Deckgläschen aufbewahrte stark rothe Netzhaut des rechten Auges eines grossen, seit fünf Tagen eingefangenen und indessen im Dunkeln aufbewahrten Frosches in einen finsteren, gut schliessenden Kasten und die eben so kräftig gefärbte des linken Auges in den innersten von sechs in einander geschachtelten Kästen. Die rechte Stäbchenschicht erschien nach vier Stunden deutlich roth, aber blasser, als die linke. Jene bot kaum eine Spur von Roth und zwar nur an einzelnen Stellen nach sechs Stunden dar.

Diese dagegen verrieth noch den letzten Rest von Röthlich. Er war aber auch nach acht Stunden völlig geschwunden.

Jodin[1]) fand, dass 21,5 C. C. weingeistiger (sich im Hellen bleichender) Chlorophylllösung, die 0,073 Gram. Blattgrün enthielt, 37,4 C. C. Sauerstoff oder 0,72 der Chlorophyllmenge in weniger als einem Monate aufnehmen und Kohlensäure ausscheiden, wenn sie sich im Lichte befanden. Wurde hingegen eine gleiche Menge derselben Blattgrünlösung im Dunkeln aufbewahrt, so liess sich ein solcher Gasaustausch nicht bemerken. Die Zukunft wird entscheiden müssen, ob sich etwas Aehnliches für das Netzhautroth wiederholt oder nicht.

Bern, 31. Julius 1877.

Unmittelbar nach Absendung dieses Nachtrages erschien noch die erste Abtheilung der Schrift von A. Ewald und Kühne, Untersuchungen über den Sehpurpur. Heidelberg 1877. 8. S. 3—82. Die Verfasser bemühen sich zunächst, die Einzelfarbe des Netzhautrothes auf verschiedenen Wegen, durch die Beschaffenheit der Nachbilder, die Beobachtungen am Spectrum u. s. w. genauer festzustellen, schildern den allmähligen Uebergang von Lila durch Rosa bis zum Violettpurpur und gelangen zu dem Endergebnisse, dass das Netzhautroth schon ein photochemisches Zersetzungsproduct enthält und durch Verunreinigung des Sehpurpurs mit den ersten Antheilen von Sehgelb entsteht. (S. 4—32.)

Beobachtungen, die in dem ultravioletten Spectrum nach Abblendung der übrigen Spectraltheile angestellt worden, lehrten, dass die vorher im Dunkeln gehaltenen Netzhäute keine weisslich-grüne Fluorescenz zeigten, sondern ein weisslich-blaues Licht verbreiteten (S. 34). Ultraviolett brachte ein Optogramm der Kaninchennetzhaut, das in gewöhnlichem Lichte nicht mehr sichtbar war, mit auffallender Deutlichkeit zum Vorschein (S. 36). Chlorkalk verstärkte die Fluorescenz der Netzhaut, wie die vieler anderer Stoffe. Den Ueber-

[1]) Comptes rendus. Tome LIX. 1864. 4. P. 859.

gang des Netzhautrothes durch Gelb in Farblosigkeit drücken die Verfasser durch die Worte aus, dass sich das Rhodopsin zuerst in Xanthopsin und dann in Leukopsin zersetzt (S. 45).

Der zweite Theil der Abhandlung (S. 49—82) beschäftigt sich mit dem Abbleichen des Netzhautroths in den verschiedenen Spectralfarben und in Mischungen derselben. Die Versuche wurden nicht nur an ausgeschnittenen Netzhäuten, sondern auch an den lebenden curarisirter Frösche angestellt. Beide Verfahrungsarten lieferten das gleiche Ergebniss, dass Grüngelb, Gelbgrün, Blaugrün und Blau abbleichend wirken, Gelbgrün und Grüngelb im lebenden Froschauge nach einer halben bis einer ganzen Stunde, Blau dagegen am langsamsten und zwar erst nach anderthalb Stunden (S. 81). Die zur Entfärbung nöthige Zeit wechselt in gleichem Verhältniss mit demjenigen Zeitraum, der zur Absorption des einfarbigen Lichtes erfordert wird (S. 82).

III.

Ueber die Verdauungsverrichtung der Milz.

Von **A. Herzen**
in Florenz.

Die Untersuchungen von Corvisart, von Meissner und von Schiff über das Verdauungsvermögen des pancreatischen Saftes und des Pancreas-Infuses haben bekanntlich zu folgenden Ergebnissen geführt:

I. Die Bauchspeicheldrüse von Thieren, die eine reichliche Verdauung vollendet haben und ganz nüchtern sind, zeigt gar kein Verdauungsvermögen für Eiweiss.

II. Ein solches Vermögen fängt erst in der vierten Stunde nach begonnener Magenverdauung an, sich bemerklich zu machen, steigt bis zur siebenten Stunde, worauf es wieder abnimmt und schwindet.

III. Das Pancreas von Thieren, die auf der Höhe der Verdauung und ohne vorgängige Operation getödtet wurden, verwandelt 25 bis 35 Gramm Eiweiss in Pepton.

IV. Das Pancreas von Thieren, denen man im Beginne der Magenverdauung den Pylorus unterbunden hatte, verdaut 40—50, ja mitunter 60 Gramm Eiweiss.

Schiff machte zuerst auf den Synchronismus zwischen der bei jeder Verdauung stattfindenden periodischen Hyperämie der Milz und dem ebenfalls periodischen Auftreten von Pancreatin im pancreatischen Safte und Infuse aufmerksam. Man findet nämlich bei hungernden Thieren die Milz klein, geschrumpft, zusammengezogen und

blutarm; sie bleibt es auch noch drei Stunden nach der Mahlzeit, und gleichzeitig fehlt Pancreatin in der Bauchspeicheldrüse. In der vierten Stunde schwillt die Milz an und wird blutreicher; zu gleicher Zeit erscheint im Pancreas das Pancreatin. In der fünften Stunde hat die hyperämische Schwellung der Milz ihren Höhepunkt erreicht; das Maximum des Pancreatins stellt sich erst etwas später ein. Hernach nehmen Milzschwellung und Production von Pancreatin ab und verlieren sich, wobei es scheint, dass die Milz etwas früher auf ihr Minimalvolum zurücksinke, als das Pancreatin gänzlich schwindet.

Doch war Schiff nicht der Mann, um sich mit dem Hinweise auf einen hypothetischen Zusammenhang, so wahrscheinlich dieser auch sein mochte, zu begnügen. Er unternahm eine jener grossartigen Versuchsreihen, welche, wenn sie auch nicht zu so wichtigen Ergebnissen geführt hätten, immerhin als Muster von Genauigkeit, von strenger Kritik der eigenen Resultate und vor Allem von Geduld und Beharrlichkeit im Streben nach Wahrheit gelten würden.

In der Zeitschrift L'Imparziale für 1869 gab ich einen ausführlichen Bericht über jene jahrelang fortgesetzten Versuche, deren Ergebniss, ohne auch nur eine einzige Ausnahme, folgendes war:

Bei Thieren, bei denen die Milz fehlt oder ausser Thätigkeit ist, beobachtet man nie, unter keiner Bedingung, die geringste Spur von Umwandlung des Eiweisses in Pepton durch Pancreassaft oder -Aufguss.

So lautet das Factum; nun gehen wir zur Erklärung über. Die Thatsache selbst drängt den Schluss auf, dass während des functionellen Turgors der Milz in diesem Organe irgend ein zur Bildung von Pancreatin in der Bauchspeicheldrüse nothwendiger Vorgang stattfindet, weshalb bei Fehlen oder Functionsbehinderung der Milz kein Pancreatin im Pancreas gebildet wird.

Worin aber besteht jener Vorgang?

Es wäre sehr schwer gewesen, um nicht unmöglich zu sagen, sich hierüber irgend eine Vorstellung zu bilden — eine solche wenigstens, die einigermaassen eine factische Begründung und daher auch einige Wahrscheinlichkeit für sich hätte —, wenn nicht in allen

vorerwähnten Versuchen auch das Verdauungsvermögen des Magens, gleichzeitig mit dem des Pancreas, geprüft worden wäre. Folgendes war das Resultat dieser Beobachtungen:

Entmilzte Thiere.

Hunde.

Pancreas.						Magen.			
Verdautes	Eiweiss	in	18	Stunden	0	in	14	Stunden	100
„	„	„	8	„	0	„	8	„	200
„	„	„	18	„	0	„	12	„	115
„	„	„	12	„	0	„	10	„	172
„	„	„	9	„	0	„	9	„	100
„	„	„	18	„	0	„	12	„	125

Katzen.

Pancreas.						Magen.			
Verdautes	Eiweiss	in	12	Stunden	0	in	16	Stunden	111½
„	„	„	16	„	0	„	8	„	205
„	„	„	10	„	0	„	12	„	300
„	„	„	8	„	0	„	8	„	108½
„	„	„	11	„	0	„	11	„	160

Man sieht, dass in Folge der Exstirpation der Milz das Verdauungsvermögen des Magens verdoppelt, das der Bauchspeicheldrüse dagegen aufgehoben ist.

Auf Grund dieses Ergebnisses drängt sich zunächst die Vermuthung auf, dass die Milz einen Theil der zur Lieferung des Pepsins bestimmten Peptogene dergestalt umwandelt, dass sie vielmehr darauf verwendet werden, der Bauchspeicheldrüse Pancreatin zu liefern.

Doch wird diese Voraussetzung durch die Beobachtung nicht bestätigt; directe Versuche hierüber sind so gut wie unmöglich, weil die Thiere die erforderliche Operation nicht ertragen; diese müsste in der Exstirpation des Pancreas oder in der gänzlichen Behinderung seiner Function bestehen, während die Milz unbehindert fortzufunctioniren hätte. Dennoch gelang es Schiff diesen Versuch bei vier Thieren durchzuführen, zwei Mal bei Katzen und zwei Mal bei Hunden. In diesen vier Fällen erwies sich der Magen überfüllt mit

Pepsin, genau wie nach der Exstirpation der Milz. Ausserdem führt Schiff einen Fall an, wo bei einer Katze die Bauchspeicheldrüse vollständig tuberculös degenerirt war, der Magen aber wie in den vorerwähnten vier Versuchen eine ungewöhnlich grosse Menge Pepsin enthielt.

Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass die Milz nicht direct die Peptogene angreift, und dass wenn es keine zu ihrer Aufnahme in Form von Pancreatin fähige Bauchspeicheldrüse giebt, die Peptogene zur Lieferung eines Ueberschusses an Pepsin im Magen verwendbar bleiben.

Das führt weiter zu der Annahme, dass die Milz, ohne die im Blute vorhandenen Peptogene direct anzugreifen, in ihrem Inneren, während ihrer functionellen Turgescenz, ein Ferment bilde, das die Eigenschaft besitzt, einen Theil der Peptogene im Parenchyme der Bauchspeicheldrüse zu fixiren und in Pancreatin zu verwandeln.

Im Jahre 1875 veröffentlichte Heidenhain, und später nach seinem Vorgange Weiss, überaus wichtige Untersuchungen über die Bildung von Pancreatin. Es ergab sich hieraus, dass sich im Pancreas zu jeder Zeit variable Mengen einer Substanz, des Zymogens, vorfinden, die kein Pancreatin ist, aber unter gewissen Bedingungen zu Pancreatin wird. Eine von ihnen aufgeklärte Bedingung der Art scheint die beginnende Fäulniss des Drüsenparenchyms oder des in ihm enthaltenen Blutes zu sein. Der Grundversuch ist folgender: man nimmt aus dem Körper des eben getödteten nüchternen Thieres das Pancreas heraus und bereitet einen Aufguss aus der Hälfte der Drüse; die andere Hälfte wird erst nach 24 Stunden infundirt. Während das erste Infus häufig unwirksam bleibt, entwickelt das zweite stets eine kräftige Wirkung. Die zur Umwandlung des Zymogens in Pancreatin in der lebenden Bauchspeicheldrüse erforderlichen physiologischen Bedingungen sind nach Weiss unsicher und unbekannt.

Auf den ersten Blick scheinen diese Befunde die Lehre Schiff's in Frage zu stellen, obgleich die Verfasser ihrer nicht erwähnen. Das Zymogen wird im Pancreas ohne Mitwirkung der Milz

gebildet und abgelagert; das ist ganz richtig; aber Zymogen ist nicht Pancreatin, und Schiff sagt ja nicht, dass die Milz eben Pancreatin bilde; er sagt vielmehr, sie bilde ein Ferment, welches im Gewebe der Bauchspeicheldrüse die Umwandlung der Peptogene in Pancreatin bewirkt. Doch hat er weder die Natur der durch dieses Ferment umgewandelten Substanz, noch die des Fermentes selbst zu bestimmen gesucht. Heidenhain fand, dass die in Rede stehende Substanz Zymogen ist, und vermochte auch Eins von den ihre Umwandlung bewirkenden Fermenten zu entdecken: nämlich ein Ferment, welches sich im Blute bei den ersten Anzeichen der Leichenzersetzung entwickelt. Die Thatsache steht in der Physiologie nicht vereinzelt da; bekanntlich enthält die normale lebende Leber keinen Zucker oder nur geringe Spuren davon, bildet aber und enthält abgelagert die glycogene Substanz oder thierisches Inulin, welches nicht anders in Traubenzucker verwandelt wird, als wenn sich im Blute das Ferment bildet, das diese Umwandlung hervorzubringen im Stande ist. Sobald eine Menge Blut auf kurze Zeit in ihrem Laufe angehalten wird, kommt dieses Ferment zur Entwicklung; es genügt dazu, dass irgend ein Organ in starke Wallung gerathe: sofort tritt Zucker, erst in der Leber, dann im Blute, zuletzt im Harne auf, und so kommt es zu einem mehr oder weniger schweren und anhaltenden Diabetes. Doch kehren wir zum Pancreas zurück.

Auch das im Innern dieser Drüse abgelagerte Zymogen scheint darin unverändert zu verweilen, bis nicht im Blute ein zur Umwandlung desselben geeignetes Ferment auftritt. Die Thatsache, dass sich solches bei entmilzten Thieren überhaupt nie im Leben, und bei normalen Thieren nur während der functionellen Schwellung der Milz ereignet, macht es sehr wahrscheinlich, dass sich besagtes Ferment beim Leben nicht anders als in der Milz entwickeln könne, und dass sein Auftreten an die Anstauung einer erheblichen Blutmenge im Milzparenchyme gebunden sei, wie eine solche bei der functionellen Hyperämie der Milz, mit vielfachen Umsetzungen des stagnirenden Blutes einhergehend, zu Stande kommt.

Ist diese Voraussetzung richtig, so muss die im Pancreas jeweilig

vorhandene Menge Zymogen in umgekehrtem Verhältnisse stehen zu der Pancreatinmenge. Mit anderen Worten muss, in dem Maasse als sich das Milzferment bildet, in das Pancreas gelangt, das hier abgelagerte Zymogen umsetzt und frei macht, der Vorrath des letzteren im graden Verhältnisse zur Zunahme des gebildeten Pancreatins abnehmen.

Diese Schlussfolgerung findet sich vollkommen bestätigt. Ich gebe hier eine vergleichende Tabelle, wo auf der einen Seite die von Corvisart, Meissner und Schiff beobachteten Variationen der Pancreatinmenge, auf der anderen die von Heidenhain und Weiss angegebenen Schwankungen in der Menge des Zymogens, Beides aus den nämlichen Phasen der Verdauung, zusammengestellt sind.

Verdauungsperiode.	Pancreatin.	Zymogen.
Absolutes Fasten	Minimum	Maximum
Mahlzeit	Minimum	Maximum
4. Stunde nach der Mahlzeit	Minimum	Maximum
6. und 7. Stunde nach der Mahlzeit	Maximum	Abnahme
9—14 Stunden „ „ „	Abnahme	Minimum
16. Stunde nach der Mahlzeit	Minimum	Maximum.

Das ist klar genug. Heidenhain sieht unter dem Mikroskope das in den Drüsenzellen des Pancreas angehäufte Zymogen, er sieht es abnehmen und schwinden, gleichzeitig mit dem Auftreten und der Zunahme des Pancreatins im Drüsensecret, und sich später von Neuem entwickeln und anhäufen. Und da die Production von Pancreatin in gleichem Schritte mit der functionellen Ausdehnung und Zusammenziehung der Milz steigt und fällt, so dürfen wir voraussetzen, dass das Milzferment periodisch während der periodischen vasculären Ausdehnung der Milz gebildet wird. — Die Untersuchungen von Schiff machen diese Voraussetzung wahrscheinlich, liefern aber für dieselbe keinen directen factischen Beweis.

Ich unternahm in dieser Richtung eine Reihe von Versuchen, noch bei Weitem nicht zum Abschlusse gekommen ist, aber bereits gebnisse zu liefern beginnt, die unzweideutig genug sind, um der eröffentlichung würdig zu erscheinen. Diese Versuche sollen noch

vielfach wiederholt und nach verschiedenen Methoden geprüft werden, bevor ihre Ergebnisse als definitiv und sicher gelten können. Doch giebt es Anzeichen, aus welchen wir vorläufig entnehmen können, ob wir auf dem richtigen Wege sind.

Ich nehme zwei fastende Hunde; jedem spritze ich in den Magen das mächtigste Peptogen — Fleischbrühe mit Dextrin — ein; unterbinde den Pylorus, um die Wirkung der Peptogene zu unterstützen; unterbinde hierauf bei dem Einen die Milzgefässe in Einem Bündel; schliesse die äussere Wunde; nach 6 Stunden tödte ich die beiden Thiere. Ich hoffte bei dem normalen Hunde die Milz ausgedehnt und das Pancreas in Thätigkeit zu finden; dagegen beim Hunde mit unterbundenen Milzgefässen durfte ich natürlich erwarten, die Milz welk, wie im Augenblick des Anlegens der Ligatur, das Pancreas aber gleich nach dem Tode des Thieres unthätig, und erst nach 24 Stunden (wie Heidenhain angiebt) in Thätigkeit gerathen zu sehen. Statt dessen fand ich beim normalen Hunde die Milz sehr klein, auf das Minimum ihres Volums zusammengezogen, so dass sie offenbar gar nicht in Thätigkeit getreten war; bei dem Hunde mit unterbundenen Milzgefässen war dagegen die Milz enorm, auf das Maximum ihres Volums erweitert; offenbar war die Ligatur nicht fest genug; und weil daher das Blut in der Milz freien Umlauf hatte, so war vorauszusetzen, das Pancreas müsse bei diesem Thiere reich an Pancreatin sein. Es war wirklich auffällig, in diesem Falle durchweg das Gegentheil von dem Erwarteten anzutreffen: beim normalen Thiere die Milz zusammengezogen, während sie erweitert sein sollte, also ohne Zweifel das Pancreas unthätig; bei dem operirten Hunde die Milz erweitert, während ich sie aus dem Kreislaufe ausschliessen wollte, und daher wahrscheinlich eine in Thätigkeit begriffene Bauchspeicheldrüse.

Ich infundirte sofort mit reinem Glycerin die Hälfte von jedem Pancreas, um die andere Hälfte erst nach 24 Stunden zu infundiren. Ebenso bereitete ich ein Infus aus jeder Milz, um später zu sehen ob der Aufguss der thätigen Milz, dem der unthätigen Bauch

speicheldrüse beigemischt, letzterem das Verdauungsvermögen ertheilen würde. Am folgenden Tage prüfte ich die Aufgüsse.

Das Pancreas des Thieres mit contrahirter Milz verdaute gar nicht.

Ebensowenig die Milz selbst.

Auch das Gemisch beider verdaute nicht.

Alles das stimmt völlig mit der Schiff'schen Lehre überein.

Die Bauchspeicheldrüse vom Hunde mit erweiterter Milz verdaute wenig und langsam, aber unverkennbar.

Das stände nun im Widerspruche zu der Lehre von Schiff; denn, waren die Milzgefässe frei, so musste sich das Pancreas während der hyperämischen Schwellung der Milz reichlich mit Pancreatin anfüllen; waren sie hingegen wirklich unterbunden, so musste das Pancreas ganz unthätig bleiben. Doch der Widerspruch ist nur scheinbar: die Gefässe waren eben weder ganz frei noch vollkommen unterbunden; die Ligatur war unzureichend, und während sie nicht genügte, um das Einströmen des arteriellen Blutes in die Milz zu verhindern, war sie fest genug, um den Abfluss des venösen Blutes grösstentheils hintanzuhalten. In der That war die Milz in eine pechschwarze blutige Masse verwandelt, und daher fand sich bei diesem Thiere, in völliger Uebereinstimmung mit der Schiff'schen Lehre, ein sehr geringes Verdauungsvermögen des Pancreas.

Dann musste aber auch, dachte ich, das Milzferment in um so grösserer Menge vorhanden sein, und würde sich hiemit unsere Voraussetzung bestätigt finden. Doch die diesbezügliche Prüfung ergab:

Der Aufguss der Milz allein verdaut nicht.

Das Gemisch von diesem und dem Pancreasinfuse verdaut weniger und langsamer als letzteres für sich allein.

Diese Thatsache war allerdings der obigen Voraussetzung nicht günstig, war aber auch nicht der Art, dass man um ihretwillen jene Voraussetzung sofort aufgeben müsste, und zwar aus folgenden Gründen nicht: 1) es konnte ebenso gut das Zymogen im Pancreas fehlen, wie mitunter Glycogen in der Leber oder Pepsin im Magen fehlt; 2) das Glycerin konnte das Milzferment zerstört haben; 3) es konnte

auch das Glycerin, ohne das Milzferment zu zerstören, dessen Verbindung mit dem Zymogen verhindert haben.

Die erste Möglichkeit wurde ausgeschlossen, weil die beiden nach 24 Stunden bereiteten Pancreasinfuse ein bedeutendes Verdauungsvermögen an den Tag legten.

Es blieben also nur die zwei anderen Möglichkeiten übrig, die aber nicht mehr an den gewonnenen Infusen geprüft werden konnten. Es war hiezu ein neuer Versuch erforderlich: es musste nämlich ein Stück unthätigen Pancreas mit einem Stücke erweiterter Milz vor dem Einlegen in Glycerin vermengt und verrieben werden, damit das Milzferment auf das Zymogen ungestört einwirken und dasselbe zum grossen Theile umsetzen könnte, so dass das Glycerin bereits fertig gebildetes Pancreatin zu lösen hätte. Ein einziger Hund konnte zu diesem Zwecke nicht genügen, da man nicht erwarten durfte, absichtlich eine derartige unvollständige Ligatur zu erhalten, wie sie zufälligerweise bei dem ersten Versuche dieser Reihe ausgefallen war.

Es war dies übrigens auch nicht einmal wünschenswerth, da bei einer passiv (d. h. durch verhinderten venösen Abfluss) erweiterten Milz der Versuch nur bedingungsweise von Werth sein konnte: bei positivem Ergebnisse, d. h. wenn sich das Ferment vorfände und auf das Zymogen umwandelnd einwirkte, wäre die Frage gelöst; ein negatives Resultat aber würde gar nichts beweisen, da die Abwesenheit des Fermentes daher rühren könnte, dass sich die Milz nicht in ihrer physiologischen activen Schwellung befand.

Es mussten also wiederum zwei Hunde geopfert werden, beide normal, keiner vorgängigen Operation unterworfen gewesen, der eine aber seit etwa 24 Stunden nüchtern, der andere zwischen der 6. und 7. Stunde der Verdauung; bei Ersterem war ein unthätiges Pancreas und eine kleine Milz, beim Anderen ein thätiges Pancreas und eine functionell geschwellte Milz zu erwarten. Um den Zweck des Versuches zu erfüllen, musste dargethan werden, dass nach Zerstossen und Verreiben eines Stückes unthätiger Bauchspeicheldrüse mit einem Stücke geschwellter Milz das hieraus bereitete Infus reichliches Pancreatin enthielte. Ist

negative Resultat wäre in diesem Falle ebenso maassgebend als das positive: letzteres würde die uns beschäftigende Vermuthung bestätigen, während ersteres sie umstossen würde.

Ich tödtete fast gleichzeitig 2 Hunde, den einen nachdem er 24 Stunden gefastet hatte, den anderen nahezu 6 Stunden nach einer Fütterung mit Fleisch und Brod. Bei Ersterem fand ich, wie zu erwarten war, den Magen leer, die Chylusgefässe unsichtbar, das Pancreas unthätig, die Milz klein und geschrumpft; ich theilte das Pancreas in drei Stücke, wovon das eine sofort für sich allein, das zweite mit einem Stücke der zugehörigen Milz infundirt wurde, während das dritte aufbewahrt blieb, um mit der Milz des zweiten Hundes infundirt zu werden. Doch obgleich bei Letzterem die Verdauung weit vorgeschritten war, fand sich dessen Milz klein und geschrumpft, wie bei dem hungernden Thiere. So war es mir auch bei diesem Versuche nicht gelungen, eine in functioneller Schwellung begriffene Milz zu erhalten, und war daher nicht daran zu denken, den entscheidenden, positiven Theil des Versuches vorzunehmen; denn es war nach früheren, physiologischen Daten über den Einfluss der Milz auf die Pancreasverdauung vorauszusehen, dass in diesem Falle weder Milzferment in der Milz noch Pancreatin im Pancreas vorhanden sein konnte.

Ich infundirte also einfach einen Theil des Pancreas von diesem Thiere für sich allein, und vermischte einen anderen Theil, vor dem Einlegen in Glycerin, mit einem Stücke Milz; ausserdem bereitete ich ein Infus aus je einem Stücke Milz von beiden Hunden.

Das Ergebniss war, dass Keins von diesen sechs Infusen das geringste Verdauungsvermögen zeigte.

Aus diesem Versuche lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

I. Dass die Milz nicht immer und nicht bei jeder Verdauung in functionelle Schwellung geräth; beiläufig bemerkt sind es wahrscheinlich derartige Fälle, welche Heidenhain zu dem Ausspruche anlassten, dass auch beim verdauenden Thiere bisweilen das Panatin in der frisch aus dem Körper herausgenommenen Bauchspeicheldrüse fehle.

II. Dass es zum Ausbleiben der Umwandlung des Zymogens

nicht nothwendig darauf ankommt, dass die Milz exstirpirt oder unterbunden sei; dass es vielmehr genügt, wenn aus irgend einem bekannten oder unbekannten Grunde die Milz verhindert ist in functionelle Hyperämie zu gerathen: und ist dies eine glänzende Bestätigung der Schiff'schen Theorie.

III. Dass weder beim Vermischen der Aufgüsse von contrahirten Milzen und unthätigen Bauchspeicheldrüsen, noch beim Vermengen und Verreiben der betreffenden Stücke vor der Infusion Pancreatin erhalten wird.

IV. Dass folglich in der contrahirten Milz das zur Umwandlung des Zymogens geeignete Ferment fehlt.

Doch bei Alledem vermag uns dieser Versuch nicht zu sagen, ob das Ferment wirklich in der geschwellten Milz existire.

Es war hierzu ein weiterer Versuch erforderlich. Ich unternahm einen solchen, genau dabei so verfahrend wie bei dem vorherigen Experimente, und erhielt folgendes Resultat:

Ein Hund wurde während der Verdauung getödtet: Verdauung vorgeschritten, Milchsaftgefässe weiss, Pancreas rosa, Milz deutlich geschwellt, wenn auch in mässigem Grade.

Ich infundire einen Theil seines Pancreas für sich allein; aus einem anderen Theile bereite ich einen Aufguss unter Zerreiben mit einem Stücke Milz von demselben Thiere; auch infundire ich ein Stück Milz allein, und bewahre die übrige Milz, um mich deren später zu bedienen. In diesem Augenblicke tödtet Dr. Corso einen nüchternen Hund: Magen leer, Pancreas blass, Milz zusammengezogen. Ich bereite sofort folgende Infuse: Pancreas allein; Pancreas mit einem Stücke Milz von demselben Thiere verrieben; Pancreas mit einem Stücke Milz vom verdauenden Hunde verrieben.

Ich stelle die Infuse auf 18 Stunden in's Wasserbad bei 37° C., werfe hierauf in jedes gleich grosse Würfelchen von frisch geronnenem Eiweiss und belasse Alles auf 24 Stunden im Wasserbade, imme bei 37°.

Das Ergebniss war folgendes:

1) Pancreas vom hungernden Hunde, frisch für sich allein infundirt — verdaut nicht.
2) Pancreas vom hungernden Hunde, frisch mit der entsprechenden Milz infundirt — verdaut nicht.
3) Pancreas vom hungernden Hunde, frisch mit der Milz des verdauenden Hundes infundirt — verdaut.
4) Gemenge von Pancreas-Infus und Milz-Infus, beides vom hungernden Hunde — verdaut nicht.
5) Gemenge von Pancreas-Infus und Milz-Infus, beides vom verdauenden Hunde — verdaut, aber viel schwächer als Nr. 3.

Höchst bemerkenswerth ist die Thatsache, dass von den zwei Infusen, die sich als verdauend erwiesen, das bei Weitem stärkste Verdauungsvermögen sich nicht eben beim Gemenge von Pancreas- und Milz-Infus von dem in voller Verdauung begriffenen Hunde (Nr. 5), sondern beim Infuse aus dem unthätigen Pancreas mit der thätigen Milz (Nr. 3) zeigte. Es ist wahrscheinlich, dass im thätigen Pancreas nur wenig Zymogen vorräthig geblieben war, so dass der Ueberschuss an Milz-Ferment keinen Ueberschuss an Pancreatin zu erzeugen vermochte. In Nr. 3 hingegen lag sämmtlicher Zymogen-Vorrath ungeschmälert vor, weshalb die Pancreatin-Bildung am reichlichsten ausfiel.

Dieses Mal hat das Experiment die von mir gesuchte positive Antwort geliefert und die Frage gelöst, indem es vollkommen der experimentell zu prüfenden Hypothese entsprach.

Nicht allein haben meine Versuche die früheren Ergebnisse Schiff's und die neueren von Heidenhain bestätigt, sondern auch gezeigt, dass die Versuchsreihen der beiden genannten Forscher, weit entfernt sich gegenseitig auszuschliessen, vielmehr einander bekräftigen und sich zu einem Ganzen vereinigen. Die nunmehr als gesichert zu betrachtende Lehre, die sich aus sämmtlichen im Obigen besprochenen Erfahrungen über den Einfluss der Milz auf die Pancreasverdauung ergibt, lässt sich folgendermaassen ausdrücken:

Die Bauchspeicheldrüse erzeugt auf Kosten der im Blute vor-

handenen peptogenen Substanzen einen Stoff, welcher fähig ist, sich in Pancreatin zu verwandeln. Diese Verwandlung erfolgt durch die Einwirkung eines in der Milz erzeugten Fermentes. Das Milzferment wird nicht fortwährend, sondern nur dann gebildet, wenn die Milz in functionelle hyperämische Schwellung geräth. Erfolgt diese Schwellung nicht (sei es, weil die Milz exstirpirt, oder irgendwie an dem Anschwellen verhindert ist), so bleibt die Bildung von Pancreatin in der Bauchspeicheldrüse aus. In diesem Falle wird das im Pancreas angesammelte Zymogen nicht verzehrt; es bleibt im Blute ein Ueberschuss an peptogenen Substanzen, welche den Drüsen der Magenschleimhaut einen Ueberschuss an Pepsin liefern.

IV.

Die Entwicklung des Menschen

in den

der Geschlechtsreife vorangehenden späteren Kindesjahren und im Jünglingsalter (von 7 bis 20 Jahren)

im Verhältniss

zum Geschlecht, zur Ethnographie und zu den Nahrungs- und Lebensbedingungen

von

Dr. **L. Pagliani,**

Assistenten am Physiologischen Laboratorium und Privatdocenten der Hygieine in Turin.

In drei neulich veröffentlichten Arbeiten[1]) hatte ich Gelegenheit die Ergebnisse meiner anthropometrischen Untersuchungen über den in der Altersperiode von 7 bis 20 Jahren stattfindenden Zuwachs an Gewicht, Körperhöhe, Vitalcapacität und Muskelkraft, und zwar bei Individuen beiderlei Geschlechts, die in derselben oder in verschiedenen Gegenden geboren und erwachsen und gleichen oder verschiedenen Nahrungs- und Lebensverhältnissen unterworfen waren, bekannt zu machen.

Einige dieser Ergebnisse sind von speciell anthropologischem und ethnographischem Interesse, und will ich hier dieselben nur kurz in folgenden Sätzen zusammenfassen.

1. In der die späteren Kindesjahre und das Jünglingsalter umfassenden Lebensperiode findet der alljährliche Zuwachs nicht in gleichmässig-progressiver Weise, wie sie sich etwa aus den Quetelet'schen Tabellen ergeben würde, sondern in höherem Maasse in den Jahren statt, welche der Pubertätsperiode nächst vorangehen oder mit derselben zusammenfallen.

[1]) Sopra alcuni fattori dello Sviluppo Umano — Ricerche ›pometriche — Torino, 1876.

I fattori della Statura Umana — Archivio di Statistica — Anno 1. IV. Roma, 1877.

The growth of children, by H. P. Bowditch, Boston, 1877. — Rapporto con ›erazioni di L. Pagliani, — Archivio di Statistica — A. II. Vol. 1. Roma, 1877.

2. Dieser Zeitraum regeren Wachsthumes tritt beim weiblichen Geschlechte früher (zwischen 11 und 14 Jahren) als beim männlichen (zwischen 12 und 17 Jahren) ein. Daher giebt es eine kurze, je nach den Gegenden in Zeit des Eintrittes und in Dauer etwas schwankende Periode, wo das Mädchen den Knaben an mittlerer Körperhöhe und mittlerem Gewichte übertrifft.

3. Die auf diese Periode stärkeren Wachsthumes folgenden Jahre zeichnen sich durch eine starke Abnahme der Entwicklungsthätigkeit aus, eine Abnahme, die beim Weibe viel ausgesprochener ist als beim Manne.

4. Unter gleichen Nahrungs- und Lebensverhältnissen erweisen sich die den einzelnen Altersstufen zukommenden Werthe der Körperhöhe bei beiden Geschlechtern und während der ganzen Dauer der Wachsthumsperiode durch jenes ethnographische Moment beeinflusst, welches später die mittlere endliche Statur bei Völkerschaften verschiedenen Stammes bestimmt.

5. Wie sehr auch die diätetischen Bedingungen früher oder später den Entwicklungsprozess zu modificiren vermögen, so wird doch stets das Endresultat desselben, was namentlich die Körperhöhe anbetrifft, durch Geschlecht und Rasse festgestellt.

Ausser diesen allgemeineren Folgerungen, haben mir meine Untersuchungen andere speciellere Regeln in Betreff des Einflusses zu ermitteln erlaubt, welchen die verschiedenen Nahrungs- und Lebensverhältnisse auf den Vorgang des allmäligen Wachsthumes ausüben.

Ich fand in dieser Hinsicht, dass ein günstiges Zusammentreffen förderlicher Bedingungen augenblicklich in sehr prägnanter Weise allen Geschlechts- und Rasseneinfluss aufzuwiegen vermag, so dass z. B. Mädchen wohlhabenden Standes höhere Mittelwerthe an Gewicht und Wuchs aufweisen, nicht bloss im Vergleich zu Mädchen gleichen Alters, die in derselben Gegend geboren waren, sondern auch zu Mädchen anderer, durch grösseren mittleren Endwuchs ausgezeichneter Rassen, sowie im Vergleich zu Knaben beider letztgenannten Categorien, aber armen Standes.

Diese Thatsache hängt meiner Ansicht nach davon ab, dass günstige

Nahrungs- und Lebensverhältnisse eine vorzeitige Entwicklung der Kinder zu bedingen im Stande sind, indem sie dieselben früher ihrem vollendeten Wachsthume zuführen, während die Armuth das Wachsthum in hohem Maasse zu verlangsamen neigt und dessen Vollendung erheblich verzögert.

Die letzterwähnten Entwicklungsgesetze ermittelte ich hauptsächlich durch mehrjährige vergleichende Beobachtungen an Mädchen aus den wohlhabendsten Ständen in einer ausschliesslich für solche bestimmten hiesigen Erziehungsanstalt, und an Knaben ärmeren Standes in einem hieselbst befindlichen landwirthschaftlichen Institute.

In physiologischer Hinsicht ergab sich aus diesen Beobachtungen die sehr bemerkenswerthe Thatsache, dass während die Schülerinnen der weiblichen Erziehungsanstalt, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich, so entschieden in Bezug auf Körpergewicht und Wuchs begünstigt waren, die kleinen Colonisten des männlichen Ackerbauinstitutes hingegen einen ebenso ausgesprochenen Vorzug in Betreff der vitalen Lungencapacität und der Muskelkraft aufzuweisen hatten.

Mittelwerthe aus den Messungen
an 250 Knaben und 400 Mädchen.

Alterjahre	Mittleres Gewicht				Mittlere Körperhöhe				Mittlere Vitalcapacität				Mittlere Muskelkraft*)			
	Knaben	Mädchen	Differenz	Verhältniss	Knaben	Mädchen	Differenz	Verhältniss	Knaben	Mädchen	Differenz	Verhältniss	Knaben	Mädchen	Differenz	Verhältniss
	Kg.	Kg.	Kg.		cm.	cm.	cm.		cc.	cc.	cc.		Kg.	Kg.	Kg.	
10	24,51	27,28	−2,77	1:1,11	126,2	130,6	−4,3	1:1,03	1660	1500	160	1:0,90	66,85	36,4	30,1	1:0,55
11	26,18	28,47	−2,29	1:1,08	128,1	133,5	−5,4	1:1,04	1700	1585	115	1:0,93	68,5	38,4	30,1	1:0,56
12	28,38	31,80	−3,42	1:1,12	132,1	139,4	−7,3	1:1,05	1860	1776	94	1:0,96	79,0	52,4	26,6	1:0,66
13	31,75	37,57	−5,82	1:1,18	137,5	146,4	−8,9	1:1,06	2045	1930	115	1:0,94	95,0	58,4	36,6	1:0,62
14	33,06	43,02	−9,96	1:1,30	140,0	152,1	−12,1	1:1,08	2100	2100	0	1:1	105,0	68,6	36,4	1:0,65
15	39,36	45,60	−6,24	1:1,16	148,6	154,1	−5,5	1:1,04	2445	2233	212	1:0,91	118,5	69,1	49,36	1:0,58
16	41,47	45,74	−4,27	1:1,10	151,2	155,3	−4,1	1:1,03	2485	2223	262	1:0,89	121,0	69,2	51,78	1:0,57
	43,20	48,46	−5,26	1:1,12	151,4	155,0	−2,6	1:1,02	2660	2300	360	1:0,86	136,0	70,0	66,0	1:0,52
	44,55	47,60	−3,05	1:1,06	154,3	155,0	−0,7	1:1,00	3115	2325	790	1:0,75	142.0	66,0	76,0	1:0,46
	46,65				156	155,0	+1	1:0,99	3125				150,0			

*) Die Muskelkraft wurde mit Regnier's Dynamometer gemessen.

Doch diese Abweichung unter Werthen, für welche man a priori eher einen proportionellen Gang hätte erwarten können, verliert den Schein des Widerspruches, wenn man die Ursachen näher in's Auge fasst, und gestaltet sich sodann im Gegentheil zu einer sehr lehrreichen Thatsache.

Bemerken wir vor Allem, dass die Körpermasse, namentlich wenn wir den Mann mit dem Weibe vergleichen, abgesehen von allen anderweitigen Betrachtungen, keineswegs als proportionell der Muskelanstrengung, deren der betreffende Organismus fähig ist, angesehen werden darf, und zwar schon darum nicht, weil sie keineswegs im graden Verhältnisse zu der Muskelmasse steht.

Das beweisen die Ergebnisse der Analysen von E. Bischoff, von denen ich hier nur die unseren Gegenstand vorzüglich interessirenden Punkte anführen will. Bei der chemischen Analyse eines 33jährigen Mannes, einer 22jährigen Frau und eines 16jährigen Jungen, die bei völliger Gesundheit durch Unglücksfälle umgekommen waren, fand Bischoff folgende Werthe:

	Mann	Weib	Junge
Muskeln	41,8	35,8	44,2
Fett	18,2	28,2	13,9.

Es ergiebt sich hieraus, dass wenn beim Manne und beim Jünglinge 100 Theile Körpergewicht genügen, um 41,8 und resp. 44,2 Theile Muskeln zu liefern, so gehören dazu beim Weibe 116 und resp. 120 Theile Körpergewicht. Mit anderen Worten, damit das Weib eine gleiche absolute Gewichtsmenge Muskeln besitze wie der Mann, muss ihr Körpergewicht zu dem seinigen wie 116:100 stehen, und um so muskelreich zu sein, wie der Jüngling, müsste sie 120 Gewichtseinheiten wiegen, wenn dieser 100 Theile wiegt [1]).

---

[1]) Ein solches Verhältniss tritt in der That, wie aus obiger Tabelle ersichtlich, im Alter von 12 Jahren ein, und wird sogar im 14. Jahre übertroffen, und dennoch bleibt die Muskelkraft des Mädchens unter der des Knaben. — Das deutet auf die Nothwendigkeit einer zweiten Erklärung, auf die ich in der Folge zurückkomme.

Dafür ist der Fettreichthum beim Weibe ungemein viel grösser als beim Manne und beim Jünglinge; ja er steht gleichsam im umgekehrten Verhältnisse zu dem Gehalte an Muskeln.

Halten wir uns an diese Bischoff'schen Analysen, so können wir uns schon einigermaassen erklären, weshalb die Mädchen der Erziehungsanstalt, bei grösserem Körpergewichte, weniger Muskelkraft entwickeln als die Knaben des Ackerbauinstitutes, vorausgesetzt, wie es die angeführten Analysen vermuthen lassen, dass erstere mit viel reichlicherem Fette versehen sind, während bei letzteren hingegen der Muskelapparat vorwiegt.

Andrerseits wissen wir, dass die Leistungsfähigkeit eines Muskels nicht bloss der Zahl der ihn zusammensetzenden Fasern proportionirt ist, sondern zugleich auch ihrer chemischen Zusammensetzung und den chemischen Vorgängen, die in denselben stattfinden können.

Unter sonst gleichen Verhältnissen zieht sich ein Muskel um so kräftiger zusammen, je geringer (innerhalb gewisser Grenzen) sein Wassergehalt, je reger der Muskel von Blut durchströmt wird, und je reicher letzteres an Sauerstoff ist.

Vergleichen wir, bei gleicher Masse, einen Muskel von einem künstlich gemästeten Hausthiere mit dem gleichnamigen Gebilde von einem in Freiheit lebenden Thiere, so finden wir bei letzterem eine viel grössere Leistungsfähigkeit als bei ersterem. Und wir wissen ja andererseits, dass bei freilebenden Thieren die Respirations- und Circulationsthätigkeit viel energischer von Statten gehen als beim Hausthiere.

Wir besitzen zwei vergleichende Analysen von V. Bibra über den Wassergehalt der Muskeln bei einem 59-jährigen Manne und bei einem 35-jährigen Weibe. Es ergiebt sich aus diesen Analysen, dass der Wassergehalt des m. pectoralis major

beim Manne 72,5%,
beim Weibe 74,4% betrug.

Ich wiederholte ähnliche Analysen am m. biceps zweier in nzenden Gesundheitsverhältnissen um's Leben gekommener Selbstrder und fand:

beim Manne (von 30 Jahren) 74,8% Wasser,
beim Weibe[1]) („ 24 „) 77,2% „ .

Andral und Gavarret[2]) fanden beim Manne eine reichlichere Kohlensäure-Production als beim Weibe.

H. Scharling[3]) fand, um nur ein Beispiel anzuführen, folgende Werthe für die innerhalb einer Stunde auf 1 Kilogramm Körpergewicht ausgeathmeten Kohlensäuremengen:

bei einem jungen Manne von 16 Jahren ... 0,59 Gramm Kohlensäure
„ „ Mädchen „ 17 „ ... 0,45 „ „
„ „ Knaben „ 9½ „ ... 0,92 „ „
„ „ kleinen Mädchen „ 10 „ ... 0,88 „ „.

Moleschott und Schelske[4]) fanden analoge Unterschiede zwischen den Männchen und Weibchen von Bufo cinereus und B. calamita, von Rana temporaria und R. esculenta, doch nicht bei Triton cristatus.

Dass der Stoffwechsel des Muskelfleisches weniger rege sein müsse beim Weibe als beim Manne, darauf deutet schon ohne Weiteres die chemische und histologische Zusammensetzung des Blutes bei beiden Geschlechtern.

Beim Weibe nämlich ist dessen relativer Wassergehalt grösser und die Zahl farbiger Blutkörperchen geringer als beim Manne. Bedenkt man nun, dass es die farbigen Blutkörperchen sind, die an ihrer Oberfläche zum grossen Theile den in den Lungen aufgenommenen Sauerstoff fixiren und die denselben den Geweben zuführen, um

[1]) Die Frau hatte sich durch einen Sprung aus dem Fenster getödtet.

[2]) Recherches sur la quantité d'acide carbonique exhalé par le poumon dans l'espèce humaine (Annales de chimie et de physique, 3me série, 1843, t. VIII).

[3]) A. Hannover, De quantitate relativa et absoluta acidi carbonici ab homine sano et aegroto exhalati. Havniae, 1845, und Revue scientifique industrielle, t. 10—15, 2mes. 1846.

[4]) Vergleichende Untersuchungen über die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure und die Lebergrösse bei nahe verwandten Thieren, von Jac. Moleschott und Rud. Schelske. Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere von Jac. Moleschott. I. Bd., 1857.

deren Lebensthätigkeit zu fristen, so unterliegt es keinem Zweifel, dass sich die Muskeln des Weibes unter viel ungünstigeren Verhältnissen für functionelle Leistung befinden als die des Mannes.

Hierin haben wir also eine anderweitige Erklärung für die aus meinen Messungen hervorgehende Thatsache, dass in den verschiedenen Altersstufen die Muskelkraft erheblicher ausfällt beim männlichen Geschlecht als beim weiblichen, während umgekehrt bei diesem das Körpergewicht höhere Werthe aufzuweisen hat als bei ersterem.

Was diesen Ergebnissen ein besonderes Interesse verleiht, das ist der Umstand, dass wir hier auf anderen Wegen, im Grossen, und zwar direct beim Menschen, eine Bestätigung der aus den Versuchen Liebig's, E. Smith's u. A. gezogenen Folgerungen gewinnen, wonach eine vermehrte Muskelthätigkeit nothwendigerweise eine vermehrte Kohlensäureproduction von Seiten der Muskeln nach sich ziehen soll, so dass letztere beim Uebergange von der Ruhe des Schlafes zur grösstmöglichen Muskelarbeit sich auf's Zehnfache steigern würde.

Um solchen Schluss aus den erwähnten Versuchen zu ziehen, muss natürlich angenommen werden, dass nur jene Muskeln eine kräftige Thätigkeit zu entfalten vermögen, welche eine genügende Sauerstoffmenge zur Verfügung haben können, um rasch die in ihnen vorräthigen Stoffe zu verbrennen und unter anderen Produkten eine grosse Menge Kohlensäure zu liefern, während die ausgeglichenen chemischen Anziehungen sich in Wärme und mechanische Leistung umsetzen.

Und in der That finden wir in unseren Beobachtungen, dass wo die Fähigkeit zur Entwicklung grösserer Muskelkraft, trotz geringerem Körpergewicht und Wuchse, vorhanden ist, auch eine grössere Vitalcapacität hiemit zusammenfällt. Wo also die Muskeln einer kräftigeren Thätigkeit gewachsen sind, da ist der Organismus darauf vorbereitet, sie in reichlicherem Maasse mit Sauerstoff zu versorgen.

Zu bemerken ist hiebei, dass in unserem Falle die Anforderung r Muskelkraft so überwiegend wird, dass die vitale Lungencapacität umgekehrten Verhältnisse zur Körperhöhe steht, während, den

Beobachtungen Arnold's zufolge, sie im Allgemeinen im graden Verhältnisse zu dieser zu wachsen pflegt.

Hier, wie auch sonst so oft, in den physiologischen sowohl als in den krankhaften Erscheinungen des organischen Lebens, haben wir den Fall vor uns, dass die Folge zur Ursache und letztere zur Folge wird. In derselben Weise nämlich, wie eine Zunahme der vitalen Lungencapacität die Muskelarbeit begünstigt, indem sie die Zufuhr von Sauerstoff steigert, dient ihrerseits die gesteigerte Muskelthätigkeit, besonders die der Thoraxmuskeln, zur Vergrösserung der vitalen Lungencapacität, indem sie eine stärkere Erweiterung des Brustkastens ermöglicht.

Die besonderen Verhältnisse, unter welchen sich die von mir beobachteten jungen Colonisten vor ihrem Eintritte in die Ackerbaucolonie befunden hatten, erlaubten mir noch die Wirkungen einer plötzlichen Aenderung des Lebensregimens zu studiren. Sie hatten früher unter den kärglichsten und elendsten Verhältnissen gelebt und fanden sich nun in gesunden Wohnräumen untergebracht, mit freier, kräftigender Feldarbeit beschäftigt und mit gesunder, ihren Bedürfnissen entsprechender Kost genährt.

Nachdem alle diese Knaben bei ihrem Eintritte in die Anstalt gemessen worden waren, wurden sie seit der angedeuteten Aenderung ihrer Lebensverhältnisse drei Jahre hinter einander fortbeobachtet, und welches auch ihr Alter gewesen sein mag, immer zeigten sie eine ausserordentliche Zunahme in ihrem Wachsthume, und zwar in um so ausgesprochenerem Maasse, je länger sie vorhin unter ungünstigen Verhältnissen gelebt hatten. Doch machte sich dieser Fortschritt nicht gleich rasch in allen untersuchten Eigenschaften des Körpers bemerklich. Im ersten Jahre zeichnete sich hauptsächlich das Gewicht durch starke Zuwächse aus; im zweiten der Umfang des Thorax, die vitale Capacität, die Muskelkraft; erst im dritten nimmt der Körperwuchs aussergewöhnlich zu.

Folgende Mittelwerthe aus den im Laufe der erwähnten 3 Jah

an sämmtlichen Colonisten (39 Individuen) gewonnenen Zahlen drükken die eben geschilderten Verhältnisse aus.

	1.	2.	3. Jahr.
Mittl. jährl. Zuwachs an Gewicht	6,18	4,64	3,9 Kil.
„ „ „ „ Umkreis des Thorax	2,67	3,97	3,62 Cm.
„ „ „ „ Vitalcapacität . . .	232	388	257 C.C.
„ „ „ „ Muskelkraft . . .	15,4	35,2	14 Kil.
„ „ „ „ Körperhöhe . . .	5,48	5,26	6,36 Cm.

Sucht man nach einer Erklärung dieser Ergebnisse, so glaube ich, findet man eine ziemlich befriedigende in den heutzutage in Betreff der Ernährung geltenden Theorien.

Diesen zufolge sind zwei Grade der Ernährung anzunehmen. Der eine ist eben erst genügend, um das Minimum der Stoffverluste, welche der Körper zu seinen Verrichtungen und zur Erhaltung seiner Eigenwärme erleidet, tagtäglich zu decken; der zweite ist der Art, dass er nicht allein die unmittelbarsten Bedürfnisse des Organismus bestreitet, sondern ausserdem dessen Geweben ein Plus an circulirendem Plasma liefert. Ein solches Kostmaass gestattet auch in Fällen, wo ein grösserer Stoffverbrauch, bei gelegentlich lebhafterer Verrichtung oder aussergewöhnlich gesteigertem Wärmeverluste, nothwendig wird, die Erhaltung der Körpergewebe im normalen Zustande; ja, es wird hiebei sogar eine reichliche Ablagerung überschüssigen Materials in denselben möglich, wodurch das Fettwerden bedingt oder unterhalten wird.

Fehlt ein solcher Luxus oder besser gesagt ein solcher Reserveantheil an plasmatischen Stoffen, wie sich dieses bei dem ersten Ernährungsmaasse ereignen muss, so wird nicht allein die Ablagerung überschüssigen Materials in den Geweben und hiemit ein höherer oder geringerer Grad von Fettwerden unmöglich, sondern es werden sogar letztere einer Abmagerung, einem Schwunde anheim fallen, sobald sich die vorerwähnten Verhältnisse einstellen, unter welchen ein grösserer Stoffverbrauch nothwendig wird.

Nun muss eben das Kostmaass der armen Familien, welchen die uns beobachteten Burschen angehörten, zu diesem ersten, nahezu

unzureichenden Grade der Ernährung gerechnet werden. Bedenken wir aber, wie ein derartiges Kostmaass Individuen bekommen mag, welche ihrer Entwicklungsstufe gemäss einer Stoffzufuhr bedürfen, die nicht nur ihre nothwendigen täglichen Verluste decken, sondern auch ihr Wachsthum ermöglichen sollte: so ist leicht einzusehen, dass während in erster Hinsicht keine Beeinträchtigung innerhalb physiologischer Grenzen zulässig ist, der ganze Einfluss der ungenügenden Ernährung das Wachsthum treffen wird. Bei ihren Altersanforderungen müssen sich diese armseligen Wesen in der Lage befinden, dass ihre Gewebe verhältnissmässig das überhaupt mögliche Minimum an Masse einhalten und sich jederzeit weniger entwickelt zeigen als die anderer Individuen, bei denen eine gute Ernährung stets überschüssiges Bildungsmaterial geliefert hat, welches den Anforderungen der grösstmöglichen Wachsthumsthätigkeit, deren die Gewebe irgend fähig sind, zu entsprechen im Stande war.

Wenn sodann jene dürftig ernährten Kinder eines Tages den bisherigen ungünstigen Verhältnissen entzogen und des zweiten Ernährungsgrades theilhaft werden, so hat man allen Grund anzunehmen, dass die erste Aenderung, die sich bei ihnen ereignet, darin bestehen wird, dass in ihren Geweben der grösstmögliche Stoffvorrath, den sie aufzuspeichern fähig sind und dessen sie bis dahin entbehrten, zur Ablagerung kommt. So runden sich die Muskeln ab, der Panniculus adiposus nimmt zu, die Knochen werden fester, und daraus erwächst sofort eine ausserordentliche Zunahme des Gewichts.

Doch eine der ersten Folgewirkungen reichlicherer Aufnahme eiweissartiger Stoffe und ein unfehlbarer Begleiter eines guten Ernährungsstandes des Organismus besteht in der Steigerung der Verbrennungsvorgänge innerhalb desselben, was eben auf ein erhöhtes Bedürfniss einzuathmenden Sauerstoffes hinausläuft. Eine stärkere Entwicklung des Thorax und eine Zunahme der Vitalcapacität sind hierzu unerlässliche Bedingungen und ereignen sich in der That allmälig als Theilerscheinung der allgemeinen Massenzunahme der Gewebe und wohl auch in Folge der Uebung.

Muskeln, deren Fasern reichlich mit Stoff versehen sind, rei

an Plasma, das ihren Bedürfnissen in üppigem Maasse entspricht, rege durchströmt von einem an farbigen Körperchen reichen Blute, das ihnen in völlig ausreichendem Maasse Sauerstoff zuführt und sie von den bei ihrer Thätigkeit sich anhäufenden Zersetzungsprodukten befreit, — derartige Muskeln sind einer energischen Thätigkeit gewachsen, und ihre Leistungsfähigkeit erreicht ihr Maximum.

In letzter Instanz wird sich die gesteigerte Ernährung im Knochengewebe kundgeben, da in demselben der Stoffwechsel langsamer als in den Weichtheilen von Statten geht: daher wird eine Beschleunigung des Wachsthumes die letzte unter den durch die neuen Ernährungsverhältnisse herbeigeführten Erscheinungen sein müssen.

V.

Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Kohlensäure-Ausscheidung bei den Batrachiern nach Wegnahme der Lungen.

Von Dr. S. Fubini,
Erstem Assistenten am physiologischen Laboratorium der Universität in Turin.

Wie so viele andere Naturerscheinungen, so ist auch die Haut-Respiration bereits von den Alten geahnt worden, konnte aber erst erwiesen werden, als die Chemie ihre grossen Fortschritte vollbrachte.

Lavoisier und Seguin[1]) gehören zu den ersten, denen wir den Nachweis verdanken, dass beim Menschen die Produkte der Haut-Athmung von denen der Lungen-Athmung wohl zu unterscheiden sind.

Nach mannigfachen, geistreichen Versuchen, und mit aller wissenschaftlicher Strenge, auf welche zu seiner Zeit nur Anspruch erhoben werden durfte, lehrte Lazzaro Spallanzani[2]), dass bei den Batrachiern die Haut als Respirationsorgan diene.

Er bewies es indirect, indem er zeigte, dass die Frösche eine Exstirpation ihrer Lungen zu überleben vermögen; und den directen Beweis lieferte er dadurch, dass er an Thieren, die einen derartigen Eingriff erlitten hatten, den Wechsel der Respirationsgase prüfte.

Er modificirte auch sein Versuchsverfahren in der Weise, dass er z. B. den Körper der Thiere in einem geschlossenen Behälter ge-

[1]) Premier mémoire sur la transpiration des animaux par Seguin et Lavoisier; Oeuvres de Lavoisier. Paris, 1862. tome IIe

[2]) Rapports de l'air avec les êtres organisés, par Lazar Spallanzani. Tome I, Genève, 1807.

fangen hielt, den Kopf aber frei daraus hervorragen liess, und vor und nach dem Versuche die im Behälter sich anhäufenden Gase untersuchte.

Auch W. Edwards[1]) stellte über diesen Gegenstand gemeinschaftlich mit Chevillot Versuche an, wobei der Kopf des Frosches in eine geschlossene, das obere Rumpfende luftdicht umfassende Blase hineinragte. Das Thier wurde unter eine Glasglocke gebracht, und die in Berührung mit dessen Hautoberfläche gewesene Luft wurde nachher auf Kohlensäure, als Respirationsprodukt, geprüft.

Gerlach[2]) untersuchte ebenfalls die Luft eines Raumes, welcher einen bestimmten Theil der Hautoberfläche umschloss, um darin den Verlust an Sauerstoff und den Zuwachs an Kohlensäure zu ermitteln.

Berg[3]) prüfte die Hautrespiration an Fröschen, denen er die Lungen ausgeschnitten hatte. Die Thiere wurden in einer tubulirten Glasglocke gehalten, und wurde die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure mittelst des Geissler'schen Kali-Apparates bestimmt.

Regnault und Reiset[4]) haben das Verdienst, eine zweckmässige Modification in den zur Beobachtung der Respirationserscheinungen bis dahin befolgten Versuchsmethoden eingeführt zu haben. Sie sorgten nämlich dafür, dass in dem beschränkten Luftraume, in welchen die Thiere gebracht wurden, ein fortwährender Luftwechsel unterhalten werden konnte.

Sie berichten in ihrer Arbeit, dass sie Versuche zur Erforschung der Respirationsprodukte der Batrachier angestellt haben, Versuche, die sich theils auf unversehrte Frösche, theils auf solche beziehen, denen vorher die Lungen ausgeschnitten worden waren.

---

[1]) W. Edwards, De l'influence des agents physiques sur la vie. Paris, 1824, p. 12 et 13.

[2]) Gerlach, Ueber das Hautathmen in Müller's Archiv, 1851, S. 433—34.

[3]) Berg, Untersuchungen über die Hautathmung des Frosches. Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften, 1869, S. 181—182.

[4]) Regnault et Reiset, Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes. Annales de Chimie et de Physique, IIIe série, tome 26, 1849, p. 310.

Albini in Neapel [1]) lieferte einen schönen Beleg für das Athemvermögen der Hautoberfläche des Frosches, indem es ihm gelang, Frösche nach Exstirpation der Lungen mehr als 3 Monate hindurch (116 Tage) am Leben zu erhalten.

Schiff [2]) erwähnt in der 2. Auflage seiner Vorlesungen über das encephalische Nervensystem, dass er Frösche, denen er die Lungen ausgeschnitten hatte, etwa 70 Tage lang am Leben zu erhalten vermochte.

Bei unseren Versuchen überlebten einige Frösche die gänzliche Exstirpation der Lungen um mehr als drei und ein halb Monate.

Fröschen die Lungen abzutragen, sagt Spallanzani [3]), und sie dennoch am Leben zu erhalten, ist kein leichtes Unternehmen.

Der ebengenannte Forscher machte bei den Fröschen mit der Schere je einen kleinen Einschnitt an beiden Seiten des Rumpfes, in der Richtung von der Wurzel des Vorderbeines zum Rücken, und liess durch leichten Druck die Lungen hervortreten, die sodann ohne Schwierigkeit abgetragen werden konnten. Die Thiere erschienen anderthalb Stunden nach der Operation leidend und starben nach etwa 20 Stunden.

M. Edwards giebt an, dass Frösche ohne Lungen 33—44 Tage am Leben bleiben können [4]). Die Exstirpation geschah bei seinen Versuchen durch einen 2—3‴ langen Einschnitt an der Seite des Rumpfes. Zur Verhütung der durch die Excision des Organs veranlassten Hämorrhagie wurde die Lungenwurzel unterbunden; hierauf wurde die äussere Incisionswunde mittelst einer Sutur verschlossen.

Berg führte einen Schnitt in der Axillarlinie und zog durch denselben die Lungen hervor. Die Thiere blieben 1—3 mal 24 Stunden am Leben.

---

[1]) Albini, Sulla respirazione nelle rane. Napoli, 1866, p. 4.

[2]) Schiff, Lezioni di fisiologia sperimentale sul sistem nervoso encefalico. Firenze, 1873, p. 21.

[3]) A. a. O., S. 385.

[4]) A. a. O., S. 71.

De Martini und De Bonis[1]) bedienten sich unter Anderem, zur Aufhebung oder Herabsetzung der respiratorischen Thätigkeit der Lunge bei ihren Fröschen, auch noch des Vernähens der rima glottidis.

Schiff[2]) geht bei der Estirpation der Lungen an Fröschen in der Weise zu Werke, dass er den Mund der Thiere öffnet, die Glottis während einer langen Inspiration erspäht, mit einer Nadel ergreift, und sodann die Lungen ausschneidet.

Wir bedienten uns zu dieser Operation an Rana esculenta des folgenden Verfahrens: Der Mund wird geöffnet und weit aufgesperrt; die Zunge mit dem Finger umgebogen und aus der Mundhöhle hervorgestreckt, so dass die Rima glottidis sichtbar wird. Mittelst einer Pincette mit langen, dünnen und leicht gebogenen Enden werden die Ränder der Stimmritze auseinander gedrängt und indem man die Pincette senkt und weiter abwärts schiebt, gelingt es einen Lungenzipfel zu ergreifen, um ihn vorsichtig emporzuziehen und aus der Mundhöhle hervortreten zu lassen. Sodann wird die Lunge, mit oder ohne vorgängige Unterbindung ihrer Wurzel, mit der Scheere abgetragen.

Indem man hierauf die Pincette nach der anderen Seite neigt, ergreift man die andere Lunge und verfährt mit derselben, wie mit der ersten. Dieser zweite Operationsact ist oft schwerer auszuführen, als der vorherige. Unterlässt man die Unterbindung, so hat man etwas Blutung. Doch bilden sich bald kleine Blutgerinnsel im Munde, die man mittelst eines dünnen Läppchens entfernen muss. Darauf wird die Zunge in die Mundhöhle zurückgeschoben.

Dergestalt operirte Thiere vermochten wir in der warmen Jahreszeit über mehr als 3½ Monate am Leben zu erhalten, obgleich sie ausser Wasser keine Nahrung bekamen.

---

[1]) De Martini e De Bonis, Rapporto fra l'affievolita respirazione e la genesi della degenerazione grassa dei tessuti animali. Napoli, 1871.

[2]) A. a. O., S. 38.

Nach Abtragung der Lungen wurde der Frosch auf einem Teller, der eine kleine Schicht Wasser enthielt, unter eine tubulirte Glasglocke gebracht. Das Thier zeigte sich jedesmal sehr lebhaft, hüpfte in ganz normaler Weise umher, und kaum sah man es ihm an, dass es eine so schwere Verletzung erlitten hatte. Nur waren die Athembewegungen an den Nasenöffnungen und in der seitlichen Thoraco-abdominal-Region fast gänzlich aufgehoben. Hingegen dauerten die Schlingbewegungen ungestört fort, eine Erscheinung, auf die bereits Albini aufmerksam gemacht hat.

Diese Thatsache scheint uns insofern bemerkenswerth, als wir bei einem sehr geschickten französischen Physiologen, Bert[1]), folgende Bemerkung finden: „Nous constatons que l'abaissement inspiratoire est exactement en rapport avec l'abaissement du plancher de la gorge: tous deux commencent et finissent ensemble", und im Anschluss an diese Thatsache, die Angabe eines besonderen Verfahrens zum Aufzeichnen der Athembewegungen der Frösche: „Nous coiffons le museau d'une grenouille jusqu'aux yeux, avec la petite muselière de caoutchouc et de bois, qui est mise en rapport avec le tambour d'un polygraphe Marey. Nous enregistrons ensuite comme d'ordinaire les mouvements respiratoires." — Ob nicht eher auf diese Weise, statt der Athembewegungen, die Schlingbewegungen aufgeschrieben werden?

Wenn es wahr ist, dass in der Mehrzahl der Fälle die Schlingbewegungen bei Fröschen als synchronisch mit den Athembewegungen anzusehen sind, so ist jedoch der Sachverhalt nicht immer derselbe.

Beide Bewegungen können auch unabhängig von einander erscheinen, und den besten Beweis dafür liefert die Fortdauer der Schlingbewegungen nach Entfernung der Lungen. Ueberdies hatte ich öfters Gelegenheit zu beobachten, und konnte es auch meinem hochverehrten Lehrer Prof. Moleschott zeigen, dass wenn man beim Frosche einen Fingerdruck in der Kreuzgegend ausübt, die Schlingbewegungen des Thieres häufig fortdauern, während die Athembewegungen der Nasenlöcher und der seitlichen Rumpfgegend stillstehen.

[1]) Bert, Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris, 1870, p. 119 et 232.

Der unsterbliche Spallanzani pflegte stets den Gegenstand seiner Beobachtungen einer möglichst vielseitigen Erforschung zu unterwerfen. Nachdem er bereits gezeigt hatte [1]), dass gefütterte Frösche mehr Kohlensäure aushauchen als fastende, kam er auf den Gedanken, den Einfluss des Lichtes auf die Absorption des Sauerstoffgases zu prüfen; da er aber an todten Fröschen experimentirte, so fielen seine Untersuchungen widersprechend aus. — Es gebührt daher Moleschott [2]) das Verdienst, durch seine Forschungen über den Einfluss des Lichts auf den Stoffwechsel einen neuen Untersuchungsweg angebahnt zu haben, worin ihm mehrere andere Physiologen, besonders in den letzten Zeiten, gefolgt sind.

Das bei unseren Versuchen eingehaltene Verfahren erinnert an das von Moleschott bei seinen Untersuchungen über die Respiration der Frösche angewandte, und ist dasselbe, welches wir im Verein mit Dr. Ronchi, bei unseren gemeinschaftlichen Untersuchungen über die Kohlensäure-Ausdünstung beim Menschen, in Anwendung gezogen und beschrieben haben [3]).

Die atmosphärische Luft wird mittelst eines Aspirators in Strömung versetzt. Bevor sie in das Glasgefäss eindringt, worin der Frosch eingeschlossen ist, wird sie von ihrem Kohlensäure-Gehalte befreit, indem sie zwei Schichten concentrirter Kalilösung und einer Schicht Baryt passiren muss.

Nach ihrem Austritte aus dem vorgenannten Gefässe, worein sie in Berührung mit der Körperoberfläche des Frosches gekommen war, wird sie ihres Gehaltes an Wasserdämpfen befreit, indem sie einen mit reiner Schwefelsäure und einen zweiten mit Chlorcalcium angefüllten Behälter durchlaufen muss, bevor sie in den mit concentrirter Kalilösung angefüllten Liebig'schen Kugelapparat und in zwei mit

[1]) A. a. O., S. 434, 455.

[2]) Jac. Moleschott, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Menge der vom Thierkörper ausgeschiedenen Kohlensäure, in der Wiener medizinischen Wochenschrift, 1855, N. 43.

[3]) Fubini e Ronchi, Della perspirazione di anidride carbonica nell' uomo. 1876, und in diesen Untersuchungen, im vorliegenden Bande, S. 1 und folg.

Aetzkali in Baculis gefüllte U-förmige Röhrchen tritt, um daselbst ihre Kohlensäure zurückzulassen.

Diese drei mit Kohlensäure geschwängerten Apparate werden sorgfältig vor und nach dem Versuche (auf einer für $^1/_{10}$ Milligramm empfindlichen Wage) abgewogen: der Gewichtsunterschied ergiebt die Menge der von der Oberfläche des Frosches ausgeschiedenen Kohlensäure.

Im Allgemeinen dauerte jeder Versuch eine Stunde; das Resultat wurde hierauf auf 24 Stunden und auf die Gewichtseinheit von 100 Gramm umgerechnet.

Der Zweck dieser Versuche bestand zunächst darin, bei Fröschen, denen die Lungen exstirpirt worden sind, die Kohlensäure-Exhalation quantitativ zu bestimmen, und zwar nicht bloss sofort nach jener schweren Verstümmelung, sondern auch längere Zeit nachher. Letzteres war bisher von Niemanden ausgeführt worden; denn bei den einzigen zwei Versuchen, welche Regnault und Reiset für den Respirationswerth der der Lungen beraubten Frösche anführen, heisst es, die Versuche wurden eine halbe Stunde nach der von Bernard ausgeführten Exstirpation der Lungen begonnen. Bei ihren Schlussfolgerungen über den Werth der Haut als Respirationsorgan bei Fröschen sprechen sich die genannten zwei Forscher dahin aus[1]): „Il serait cependant nécessaire de démontrer ce fait par des expériences directes"; und eben darauf waren unsere Versuche gerichtet.

Ausserdem wollten wir noch speciell den Einfluss ermitteln, welchen der Lichtreiz auf die respiratorische Thätigkeit der Körperoberfläche beim Frosche ausübt. Daher zerfallen unsere Versuche in zwei Reihen: solche, die bei Lichtzutritt, und andere, die in der Dunkelheit vorgenommen wurden.

Erstere geschahen vor einem gut beleuchteten Fenster, doch wurde dabei das directe Auffallen der Sonnenstrahlen auf den Körper des Thieres vermieden. — Wollten wir hingegen die Thiere möglichst dem Lichtreize entziehen, so bedeckten wir das Glasgefäss, worunter der Frosch sass, mit einer dreifachen Schicht schwarzen Papiers un

[1]) A. a. O., S. 516.

stellten hierauf mittelst geeigneten Brettverschlages eine camera obscura her, um den gewünschten Grad von Lichtmangel zu erhalten.

Wie aus den Versuchstafeln ersichtlich, konnten fast jedes Mal im Laufe desselben Tages zwei Versuche angestellt werden, einer bei Licht, der andere in der Dunkelheit. In der Zwischenzeit wurde der Frosch auf den eine kleine Schicht Wasser enthaltenden Teller zurückgebracht.

Dabei wurden noch die Versuche in der Weise eingerichtet, dass an dem einen Tage zuerst in der Dunkelheit, am anderen zuerst bei Licht experimentirt wurde.

In das Innere des Behälters, worin der Frosch beim Versuche eingeschlossen war, ragte ein Thermometerrohr mit seiner Kugel herein, und zeigte so die Temperatur des unmittelbar das Thier umgebenden Mediums an.

Tabelle I.

Datum des Versuches	Ordnungszahl der Versuche bei demselben Thiere	Temperatur des Behälters, worin sich der Frosch befand	Unversehrtes Thier: Ausgeschiedene CO_2 in Milligr., auf 24 Stunden und 100 Gramm Körpergewicht berechnet. Mittelwerth aus 10 Versuchen (bei Licht)	Der Lungen beraubtes Thier: Operirt seit – Tage	Operirt seit – Stunden	Ausgeschiedene CO_2 in Milligr., auf 24 Std. und 100 Gr. Körpergewicht berechnet: Bei Licht	Im Dunkel
Januar 1876			947				
13 Januar	I	11°,5			1	669	
13 „	II	11,5			3		374
14 „	III	12		1			343
14 „	IV	11,5		1	4	583	
15 „	V	12		2	1	444	
15 „	VI	11,5		2	4		509
16 „	VII	11,5		3	1		676
16 „	VIII	12		3	3	516	
17 „	IX	13		4	2	864	
17 „	X	12		4	6		290
18 „	XI	11,5		5	1		386
18 „	XII	12		5	3	408	
19 „	XIII	13		6	2	1183	
19 „	XIV	12		6	5		943

Mittelwerth der von 100 Gramm Frosch in 24 Stunden ausgeschiedenen CO_2-Menge in Milligramm

Unversehrt	Ohne Lungen	
(bei Licht): 947.	(bei Licht): 667.	(im Dunkel): 503.

Tabelle II.

Datum des Versuches	Ordnungszahl der Versuche bei demselben Thiere	Temperatur des Behälters, worin sich der Frosch befand	Unversehrtes Thier: Ausgeschiedene CO_2 in Milligr., auf 24 Stunden und 100 Gramm Körpergewicht berechnet. Mittelwerth aus 10 Versuchen (bei Licht)	Der Lungen beraubtes Thier: Operirt seit Tage	Operirt seit Stunden	Ausgeschiedene CO_2 in Milligr., auf 24 Std. und 100 Gr. Körpergewicht berechnet: Bei Licht	Im Dunkel
Febr. 1876		12°	757				
1 März	I	13			18	784	
1 „	II	13,5			22		470
2 „	III	14		1	19		571
2 „	IV	14		1	23	516	
3 „	V	13		2	18	441	
3 „	VI	13,5		2	21		365
4 „	VII	14		3	18		691
4 „	VIII	14		3	23	605	
5 „	IX	14,5		4	19	1041	
5 „	X	14		4	23		720
6 „	XI	14		5	19		405
6 „	XII	14,5		5	22	784	
7 „	XIII	13		6	18	340	
7 „	XIV	13		6	20		362

Mittelwerth der von 100 Gramm Frosch in 24 Stunden ausgeschiedenen CO_2-Menge in Milligramm

Unversehrt (bei Licht): 757.

Ohne Lungen (bei Licht): 644. (im Dunkel): 512.

Tabelle III.

Dec. 1875.			463				
10 März 1876	I	13°		75		624	
10 „	II	13		75			626
11 „	III	13,5		76			321
11 „	IV	13,5		76		466	
12 „	V	13		77		432	
12 „	VI	13,5		77			466
13 „	VII	13,5		78			343
13 „	VIII	14		78		610	
14 „	IX	14		79		338	
14 „	X	13,5		79			240
15 „	XI	13		80			309
15 „	XII	12,5		80		266	
16 „	XIII	14		81		408	
16 „	XIV	13,5		81			326
17 „	XV	12,5		82			187
17 „	XVI	13		82		336	

Mittelwerth der von 100 Gramm Frosch in 24 Stunden ausgeschiedenen CO_2-Menge in Milligramm

Unversehrt (bei Licht): 463.

Ohne Lungen (bei Licht): 435. (im Dunkel): 352.

Anmerk. Die Stunde, in welcher die Exstirpation der Lungen stattfand, war nicht notirt worden

Tabelle IV.

Datum des Versuches	Ordnungszahl der Versuche bei demselben Thiere	Temperatur des Behälters, worin sich der Frosch befand	Unversehrtes Thier: Ausgeschiedene CO_2 in Milligr., auf 24 Stunden und 100 Gramm Körpergewicht berechnet. Mittelwerth aus 10 Versuchen (bei Licht)	Der Lungen beraubtes Thier: Operirt seit: Tage	Stunden	Ausgeschiedene CO_2 in Milligr., auf 24 Std. und 100 Gr. Körpergewicht berechnet: Bei Licht	Im Dunkel
März 1876			570				
21 März	I	14°			18	638	
21 „	II	13,5			23		403
22 „	III	13		1	18		386
22 „	IV	13		1	22	312	
23 „	V	14,5		2	19	412	
23 „	VI	14		2	23		247
24 „	VII	13		3	18		254
24 „	VIII	14		3	22	261	
25 „	IX	13,5		4	19	553	
25 „	X	13		4	21		530
26 „	XI	14		5	18		391
26 „	XII	14		5	22	362	
27 „	XIII	13,5		6	18	401	
27 „	XIV	13		6	23		425
28 „	XV	14		7	18		187
28 „	XVI	13,5		7	23	434	
29 „	XVII	13		8	19	494	
29 „	XVIII	13		8	22		166

Mittelwerth der von 100 Gramm Frosch in 24 Stunden ausgeschiedenen CO_2-Menge in Milligramm

Unversehrt (bei Licht): 570.

Ohne Lungen (bei Licht): 430. (im Dunkel): 332.

Tabelle V.

März 1876			422				
1 April	I	13°			18	331	
2 „	II	14		1	18	727	
2 „	III	13		1	23		393
3 „	IV	13,5		2	18		434
4 „	V	14		3	19	643	
5 „	VI	14,5		4	18	810	
5 „	VII	13		4	23		480
6 „	VIII	13,5		5	18		374
6 „	IX	14		5	22	631	
7 „	X	14,5		6	18	874	

Mittelwerth der von 100 Gramm Frosch in 24 Stunden ausgeschiedenen CO_2-Menge in Milligramm

Unversehrt (bei Licht): 422.

Ohne Lungen (bei Licht): 668. (im Dunkel): 420.

Zusammenstellung

der

aus den fünf Versuchstafeln erhaltenen Mittelwerthe.

	Ausgeschiedene Kohlensäure, in Milligramm, auf 24 Stund. und 100 Gramm Körpergewicht berechnet		
	Unversehrt (bei Licht)	Ohne Lungen	
		bei Licht	im Dunkel
Tabelle I	947	667	503
„ II	757	644	512
„ III	463	435	352
„ IV	570	430	332
„ V	422	668	420
Mittel	632	569	424

In den Tabellen der Versuche, die an den nämlichen Thieren nach Exstirpation der Lungen angestellt worden waren, findet man zum Theil sehr disparate Werthe. Das liegt vielleicht an dem abnormen Zustande der Thiere, die einen so schweren Eingriff erlitten hatten. Wir wollten aus unseren Tafeln auch die extremsten Werthe nicht ausschliessen, weil auch diese uns von einigem Interesse schienen.

Aus den auf Grund unserer Versuche berechneten Mittelwerthen ergiebt sich, dass die von Fröschen nach Exstirpation der Lungen bei Licht ausgeschiedene Kohlensäure-Menge zu der unter gleichen Verhältnissen von unversehrten Fröschen ausgeschiedenen wie 100 : 111 steht.

Es erhellt ferner, dass auch bei den der Lungen beraubten Fröschen das Licht einen entschiedenen Einfluss auf die Menge der ausgehauchten Kohlensäure ausübt; denn die von den operirten Fröschen in der Dunkelheit ausgeschiedene Menge Kohlensäure verhält sich zu der bei Licht ausgeschiedenen wie 100 : 134. Dies stimm

also ganz überein mit der von Moleschott im Jahre 1855 an unversehrten Fröschen gemachten Entdeckung.

Die Frösche, an welchen die Exstirpation der Lungen ausgeführt worden war, wurden jedes Mal nach dem Tode secirt. Solcher Autopsien habe ich mehrere angestellt.

In der Mehrzahl der Fälle konnte ich folgende Veränderungen nachweisen:

Die Bauchgegend erschien stark aufgetrieben. Aus einem in den Bauchwandungen unter Wasser gemachten kleinen Einschnitte entwichen zahlreiche Gasbläschen.

Im Allgemeinen fand sich der Magen geröthet, erweicht; oft bot auch das Duodenum eine gleiche Gewebsveränderung dar.

Sehr blass erschienen hingegen die übrigen Abschnitte des Darmes, die meistens zur Wirbelsäule zurückgedrängt gefunden wurden.

Fast immer waren die Herzwandungen, am Ventrikel sowohl wie am Vorhofe, ausgedehnt.

Dr. Bozzolo, der sich für diese meine Forschungen interessirte, untersuchte, ebenso wie ich selbst, das Blut einiger der operirten Frösche, in verschiedenen Zeiträumen nach der Operation. Doch nie vermochten wir dabei die von anderen Beobachtern beschriebene fettige Degeneration der farbigen Blutkörperchen nachzuweisen.

Aus meinen Untersuchungen glaube ich folgende Schlussfolgerungen ziehen zu dürfen:

I. Die Exstirpation der Lungen durch die Glottis hindurch ist ein zum Behufe einer solchen Operation empfehlenswerthes Verfahren.

II. Bei Fröschen, welchen die Lungen abgetragen worden sind, dauern die Schlingbewegungen fort, während die Athembewegungen der Nares und des Rumpfes angehoben erscheinen.

III. Die von Fröschen nach Exstirpation der Lungen bei Licht ausgeschiedene CO_2-Menge verhält sich zu der unter gleichen Lichtverhältnissen von unversehrten Fröschen ausgeschiedenen Menge wie 1 : 111.

IV. Die von Fröschen nach der Exstirpation der Lungen in der Dunkelheit ausgeschiedene Kohlensäure-Menge verhält sich zu der von ihnen bei Licht ausgeschiedenen Menge wie 100 : 137.

Soeben erschienen im Verlage von **Emil Roth** in *Giessen:*

Die

rationelle Anwendung

des

kalten und temperirten Wassers

bei Schwangern, Kreisenden und Wöchnerinnen,

dargestellt nach zahlreichen eigenen Erfahrungen,

von

Dr. G. Pingler,

kgl. Physicus, Medicinalrath und Dirigent der Wasserheilanstalt „Priessnitzbad" bei Königstein im Taunus.

gr. 8. Preis M. 2, 40.

Im Verlag von **Emil Roth** in *Giessen* sind erschienen:

Jac. Moleschott, Physiologie der Nahrungsmittel. Ein Handbuch der Diätetik. 2. verbesserte Aufl. M. 13, 50.

— — Physiologisches Skizzenbuch. M. 5.

— — Zur Erforschung des Lebens.
— — Die Grenzen des Menschen.
— — Die Einheit des Lebens.
— — Eine physiologische Sendung.
— — Natur- und Heilkunde.
— — Pathologie und Physiologie.
— — Licht und Leben.
— — Ursache und Wirkung in der Lehre vom Leben.
— — Ueber die Selbststeuerung des Menschen.

} à M. 1.

Vorstehende 9 Vorträge zusammengenommen werden zu dem ermässigten Preis von M. 6 abgegeben.

— — Rath und Trost in Cholerazeiten. 40 Pf.

Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Thiere. Herausgegeben von **Jac. Moleschott.** Band I/X zum ermässigten Preis **M. 68.** (III. Band, 2. Heft fehlt). Band XI. M. 16, 50.

Professor Dr. J. Moleschott,

Der Kreislauf des Lebens.

5. Auflage. 1. Band. 8 M.

versandte ich soeben nach den eingegangenen Bestellungen. Die „Frankfurter Zeitung" sagt in ihrer Nummer 161 über diese neue Auflage:

„Eine erneuerte Kritik über das berühmte Buch des grossen Physiologen zu unternehmen, hiesse in der That „Eulen nach Athen tragen". Die neue Auflage zeichnet sich vor dem früheren Inhalte besonders durch eine ruhigere Sprache aus, welche „statt neuen Wein in alte Schläuche zu giessen, den Schlauch, den die Polemik geliefert hatte, ganz auflöst, in der Hoffnung, dass der Saft trotzdem geklärt bestehen und nur freier sich ergiessen möchte". Um den Forderungen der Zeit gerecht zu werden, hat sich der Verfasser entschlossen, dem Buche, das im In- wie im Auslande dadurch, dass es in vier fremde Sprachen übersetzt wurde, gleichen Erfolg gehabt, die polemische Haltung ganz zu nehmen und ihm eine mehr künstlerisch abgerundete Gestalt zu geben. Die edle Sprache, aus welcher die Sätze sich aneinanderreihen und zu einem wirklichen Prachtbau sich gestalten, umkleidet nicht nur eine reiche Fülle genialer Gedanken und einen grossen Schatz tiefsten Wissens, sondern auch als Meisterwerk der Stylistik kann dem Leser dieses Buch als Muster dienen. Auf dem früheren Standpunkte verharrend, bietet uns der Verfasser, durch die Untersuchungen von Darwin und Häckel in seinen Ansichten bestärkt, eine Schilderung der Fortschritte, die auf dem Gebiete der Physiologie gemacht worden sind, so dass die Verwerthung der Forschungen jüngster Zeit dem seinem früheren Hauptinhalte im Allgemeinen treu gebliebenen Buche nur einen noch höheren Werth zu verleihen vermag".

Mainz, den 29. October 1877.

Victor v. Zabern.

VI.

Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität[1]).

Von L. Hermann.

Mitgetheilt vom Herrn Verfasser aus der Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1878.

I. Einleitende Bemerkungen.

Der Zustand des Gebietes vor zehn Jahren.

Bis zum Jahre 1867 hatten in der Lehre von der thierischen Elektricität gewisse aus den classischen Untersuchungen du Bois-Reymond's hervorgegangene theoretische Anschauungen unbestrittene Geltung. Du Bois-Reymond hatte für das ganze Gebiet eine mustergültige Methodik geschaffen, und mittels derselben eine Anzahl Grundthatsachen theils sicherer als seine Vorgänger festgestellt, theils unter strenge Gesetze geordnet, grösstentheils aber selbst entdeckt. Diese Thatsachen waren, kurz zusammengestellt, folgende: 1. Muskel- und Nervenfasern zeigen, quer durchschnitten, eine in ihnen vom Querschnitt zur Längsoberfläche gerichtete elektromotorische Kraft, die bis zu $^1/_{12}$ eines Daniell'schen Elementes gehen kann. 2. Die Negativität des Querschnitts ist dem natürlichen Faserende („natürlichen Querschnitt") des Muskels in geringerem Grade eigen, und kann hier selbst ganz fehlen oder in Positivität umschlagen. Die höheren Grade dieser „Abweichung", der sog. „Parelektronomie",

[1]) Die Citate, bei denen kein Autor genannt ist, betreffen Arbeiten des Verfassers.

werden durch andauernde Einwirkung der Kälte begünstigt. 3. Wird eine Nervenfaser in einer Strecke ihres Verlaufs von einem galvanischen Strome durchflossen, so ist sie in den extrapolaren Strecken Sitz einer jenem Strome gleichsinnigen Kraft, welche in der Nähe der Pole am stärksten ist („Elektrotonus"); dieser Einfluss erstreckt sich nur soweit, als die Integrität der Faser vollkommen erhalten ist. 4. Muskeln und Nerven mit künstlichen Querschnitten zeigen während der Erregung eine Abnahme (negative Schwankung) ihres Stromes; im unversehrten Muskel summirt sich der negative Betrag der Schwankung in unveränderter Grösse algebraisch zu dem bestehenden Strome, welche Grösse und Richtung derselbe auch haben mag.

Aus diesen Thatsachen hatte du Bois-Reymond folgende Theorie abgeleitet: 1. Die Muskel- und Nervenfasern enthalten in einem indifferenten Leiter suspendirte elektromotorische Theilchen, welche dem Längsschnitt positive, den Querschnitten negative Flächen zuwenden. 2. Am natürlichen Ende der Muskelfaser sind Theilchen besonderer Art mehr oder weniger entwickelt, welche dem Faserende positive Flächen zukehren; Kälte begünstigt die Entwicklung dieser „parelektronomischen" Schicht. 3. Die Molekeln des Nerven nehmen unter dem Einflusse eines sie durchfliessenden Stromes eine neue Anordnung an, in welcher sie dem positiven Pole negative, dem negativen positive Flächen zuwenden. Denkt man sich die Molekeln dipolar-elektrisch, so würden im Ruhezustand je zwei untrennbar zusammengehörige einander ihre positiven, den Querschnitten aber ihre negativen Flächen zukehren, und die Einwirkung des Stromes darin bestehen, dass er sie sämmtlich säulenartig anordnet. Indem sich diese Anordnung in vermindertem Grade über die durchflossene Strecke hinaus erstreckt, entstehen die elektrotonischen Kräfte. (In Fig. 1 ist oben die normale, unten die elektrotonische Anordnung veranschaulicht; über p sind die parelektronomischen Molecüle des natürlichen Faserendes angegeben.) 4. Durch die Erregung nehmen entweder die elektromotorischen Kräfte der Molekeln ab, oder letztere

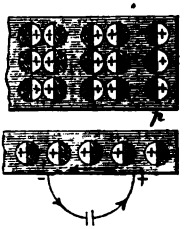


Fig. 1.

nehmen eine neue Anordnung an, in welcher sie nach aussen weniger wirksam sind; an dieser Veränderung nehmen die parelektronomischen Molekeln keinen Antheil.

An die Aufstellung dieses Molecularschemas knüpften sich mannigfache Hoffnungen. Es schien naheliegend, dass in den gegenseitigen Beziehungen der mit elektrischen Eigenschaften ausgestatteten Theilchen das Wesen der Erregung und ihrer Leitung im Muskel und Nerven begründet sei, indem vielleicht Drehung, Schwingung oder sonstige Veränderung eines Theilchens gleiche Veränderung im Nachbartheilchen hervorriefe. Ja es schien denkbar, dass auch die Zusammenziehung des Muskels auf die gegenseitigen Anziehungs- und Abstossungswirkungen jener Theilchen sich würde zurückführen lassen. Wenn auch speciellere Vermuthungen über diese Punkte kaum gewagt wurden, und namentlich der Urheber der Moleculartheorie in dieser Hinsicht eine lobenswerthe Zurückhaltung beobachtete, so hielt man es doch bis zum Jahre 1867 ziemlich allgemein stillschweigend für ausgemacht, dass der Ruhestoffwechsel der Muskeln und Nerven zur Erhaltung der beständig elektromotorisch wirksamen Molekeln und ihrer Kräfte unentbehrlich sei, und dass die Erregung in erster Linie auf Bewegungen dieser Molekeln beruhe, welche freilich mit vermehrtem Sauerstoffverbrauch und vermehrter Oxydation in irgend welcher Weise verknüpft sei.

Untersuchungen, welche zu veränderter Auffassung den Anstoss gaben.

Untersuchungen über den Gas- und Stoffwechsel der Muskeln [1]) lieferten mir Resultate, welche von den damals herrschenden Vorstellungen über die functionellen Vorgänge in diesen Organen wesentlich abwichen. Ich fand, dass die Muskeln keinen auspumpbaren Sauerstoff enthalten und trotzdem in sauerstofffreier Umgebung lange Zeit hindurch der energischsten Leistungen fähig sind; hieraus schloss ich, dass das chemische Substrat der Muskelarbeit nicht ein Oxydationsprocess ist, sondern ein Spaltungsprocess, bei welchem durch

[1]) Untersuchungen über den Stoffwechsel der Muskeln, ausgehend vom Gaswechsel derselben. Berlin 1867.

Sättigung stärkerer Affinitäten, durch Uebergang in eine stabilere Atomgruppirung, Kräfte frei werden, etwa wie bei der alkoholischen Gährung des Zuckers [1]). Unter den Spaltungsprodukten findet sich Kohlensäure; eine Vergleichung der bei der Anstrengung und bei der Erstarrung frei werdenden Kohlensäuremengen ergab, dass beide aus einer gemeinsamen Quelle stammen müssen, und so ergab sich, unter Zuhülfenahme eines ähnlichen Resultats, welches J. Ranke für die Milchsäure erhalten hatte, eine vollkommene Analogie zwischen dem chemischen Process der Contraction und der Erstarrung. Beide Processe sind Spaltungen; als Spaltungsproducte sind bekannt: Kohlensäure, Milchsäure und für die Erstarrung ein von Brücke und Kühne nachgewiesenes Eiweisscoagulum, welches dereinst vielleicht auch für die Contraction als vorübergehende Abscheidung wird nachgewiesen werden können. Die Sauerstoffaufnahme des Muskels hat mit dem Spaltungsprocess nichts direct zu thun, sie gehört zu einem synthetischen Restitutionsprocess, bei dem vielleicht gewisse Spaltungsprodukte wieder verwendet werden. So erklärte sich die Unabhängigkeit der Kohlensäurebildung des Muskels von seiner Sauerstoffaufnahme.

Nach dieser Vorstellung findet also während der Ruhe beständig langsame Spaltung und langsame Restitution statt; letztere ist an die Zufuhr sauerstoffhaltigen Blutes geknüpft. Wird die letztere aufgehoben, so erschöpft sich der ganze Vorrath spaltbarer Substanz des Muskels, der Muskel wird starr. Bei der Contraction wird der Spaltungsprocess plötzlich beschleunigt, und die Restitution hat Mühe, ihm gleichen Schritt zu halten; ihr Zurückbleiben bedingt die Ermüdung.

Die Analogie zwischen Contraction und Erstarrung war schon seit langer Zeit aufgefallen, obgleich man ausser der Verkürzung des Muskels kein gemeinsames Moment kannte. Man hatte die Erstarrung als die letzte Contraction des sterbenden Muskels bezeichnet. Die neue Anschauung kehrte gleichsam die Sache um, indem sie die

[1]) Aehnliche Gedanken sind später, in etwas grösserer Allgemeinheit, ausgesprochen worden von J. Liebig, in den Sitzungsberichten der bayr. Acad. 1869. II. 4, und von Pflüger, Arch. f. d. ges. Physiol. X. p. 251. 1875.

Contraction einer momentanen und vorübergehenden Erstarrung verglich. Die physikalischen Analogieen zwischen Contraction und Erstarrung haben sich seitdem vermehrt; es fand sich, dass nicht bloss bei der Contraction, sondern auch bei der Erstarrung das Volumen des Muskels etwas abnimmt, und Wärme frei wird. Ja es giebt offenbare Uebergangszustände zwischen Contraction und Starre, wie neuerdings erkannt worden ist [1]). Jede zu heftige Reizung des Muskels macht, dass die Contraction nur unvollkommen schwindet, ein Verkürzungsrückstand bleibt; Ermüdung und Absterben begünstigen diesen Zustand bleibender, starreähnlicher Contraction (Schiff's „idiomusculäre Contraction"); einen ähnlichen Zustand bewirken viele Muskelgifte, wie Veratrin, Delphinin, Digitalin, Emetin, Coffein etc.

Die Verfolgung jener Analogieen zwischen Contraction und Erstarrung führte mich auf eine Anschauung über das Wesen der thierischen Elektricität, welche von der bestehenden in fundamentaler Weise abwich [2]).

Grundgedanke der neuen Theorie.

Die wichtigste und sicherste damals bekannte Thatsache war die, dass eine durchschnittene Muskelfaser einen negativen Querschnitt zeigt, bis sie völlig erstarrt ist, und dass diese Negativität bei der Erregung abnimmt oder schwindet. Diese Erscheinung konnte, im Hinblick auf die chemische und physikalische Analogie des Erregungs- und des Erstarrungsprocesses, und in Erwägung, dass am künstlichen Querschnitt sich beständig und vom ersten Moment ab erstarrende Substanz befindet, durch die Annahme erklärt werden, dass das Erstarren sowohl als die Erregung das Protoplasma in solcher Weise verändert, dass es sich negativ elektrisch verhält gegen unverändertes, ruhendes Protoplasma. Wenn das ist, muss der künstliche Querschnitt so lange negativ sein, bis die Faser in ganzer Länge erstarrt ist, und durch Erregung des lebenden Antheils muss die elektrische Differenz abnehmen.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. XIII. p. 371. 1876; XVI. p. 252. 1878.

[2]) Untersuchungen zur Physiologie der Muskeln und Nerven, 2. und 3. Heft, Berlin 1867 und 1868.

II. Die Ströme ruhender Organe.

Die Stromlosigkeit ruhender unverehrter Muskeln.

Die erste Frage, welche zur Prüfung dieser Theorie (welche ich im Gegensatz zur „Präexistenztheorie" als „Alterationstheorie" bezeichnet habe) entschieden werden musste, war die, ob absolut unversehrte Muskeln einen Muskelstrom besitzen. Ausgeschnittene Muskeln besitzen fast regelmässig unmerkliche Verletzungen, seien es mechanische oder chemische. In den ersten Versuchen du Bois-Reymond's waren die Muskeln regelmässig mit gesättigten Salzlösungen benetzt, und dadurch in solchem Grade angeätzt, dass er dem natürlichen Faserende sogar die volle Negativität künstlicher Querschnitte zuschreiben konnte. Als diese Fehlerquelle von du Bois-Reymond selbst entdeckt war, blieben jedoch noch immer Wirkungen des Faserendes übrig, freilich von ganz anderer Ordnung als sie früher gefunden waren, und von regelloser Richtung; zu ihrer Erklärung wurde die Theorie der parelektronomischen Schicht erfunden. Aber je mehr bei der Präparation der Muskeln alle Schädlichkeiten fern gehalten werden, um so näher findet man sie der vollkommenen Stromlosigkeit. Zu den Schädlichkeiten gehört beim Frosche vor Allem Benetzung mit dem stark ätzenden Hautsecret, Berührung mit der äusseren Hautfläche [1]). Der Wadenmuskel lässt sich bei der Präparation vor solchen Berührungen bewahren, und zeigt dann nur so schwache und regellose Ströme, wie sie in jedem Kreise, in welchem sich feuchte Leiter befinden, auftreten [2]). Die Oberschenkelmuskeln des Frosches sind ohne Ausnahme dergestalt mit einander oder mit anderen Nachbargebilden (Haut, Knochen) verwachsen, dass sie sich nicht mechanisch unverletzt darstellen lassen, da jeder fremde Anhang vermieden werden muss [3]).

Die Angabe, dass Kälte die Entwicklung eines stromlosen Zustandes oder verkehrter Ströme begünstige, bestätigte sich nicht.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. III. p. 37. 1870.

[2]) Ebendaselbst p. 16, 35.

[3]) Ebendaselbst XV. p. 227. 1877.

Wadenmuskeln frisch gefangener, und lange im Eiskeller aufbewahrter Frösche, verhalten sich elektromotorisch durchaus nicht verschieden [1]). (Gefroren gewesene Muskeln sind nach dem Aufthauen innerlich verletzt, und deshalb zu solchen Versuchen gänzlich zu verwerfen.)

Der sicherste Weg unverletzte Muskeln zu untersuchen, schien die Ableitung vom unenthäuteten Thiere. Allein hier fand du Bois-Reymond [2]), der diesen Weg zuerst betrat, eine unerwartete Schwierigkeit in den Hautströmen, welche fast alle Thiere besitzen. Versucht man diese Hautströme durch Aetzung der Haut mit Salzlösungen zu beseitigen, so durchdringt die Lösung alsbald die Haut, und ätzt die darunter liegenden Muskeln an; man merkt dies an der allmäligen Entwicklung desjenigen Stromes, welcher eintritt, wenn die Oberfläche der nackten Muskeln mit Aetzmitteln benetzt wird. Dass zu der Zeit, wo der Muskelstrom vorhanden ist, die Muskeln bereits angeätzt sind [3]), kann man direct sehen, sobald man Silbernitrat zur Hautätzung benutzt hat, dessen Aetzwirkung durch eine Trübung erkennbar ist [4]). Wählt man dagegen die Aetzstellen der Haut so, dass keine aponeurotischen Muskelflächen darunter liegen, so ist kein Muskelstrom nachweisbar, sondern nur äusserst schwache und unregelmässige Wirkungen, die, wie schon bemerkt, in einem Kreise von feuchten Leitern gar nichts beweisen, zumal da weder Aetzung noch Abkratzung die Haut absolut stromlos macht [5]).

Fische besitzen keinen Hautstrom; hier genügt nun in der That Ableitung von zwei beliebigen Punkten der Haut (der Fisch muss, wie auch die Frösche, bei allen derartigen Versuchen durch Curare bewegungslos gemacht sein), um die Abwesenheit des Muskelstroms zu beweisen [6]).

Ein Object, an dem sich die Abwesenheit des Muskelstroms sehr

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. XV. p. 226. 1877.

[2]) du Bois-Reymond, Untersuchungen über thier. Elektr. II. 2. Abth. p. 7.

[3]) Untersuchungen, Heft III. p. 6. 1868.

[4]) Ebendaselbst p. 14.

[5]) Ebendaselbst p. 14; Arch. f. d. ges. Physiol. III. p. 16, 23, 26 ff.; IV. p. 149. 1871.

[6]) Arch. f. d. ges. Physiol. IV. p. 152. 1871.

schön demonstriren lässt, ist nach neueren Untersuchungen von Engelmann das Herz[1]). Hier ist zur Prüfung ja nur Entfernung des Herzbeutels erforderlich, eine Operation, die ohne jede Beschädigung des Fleisches geschehen kann. Das Herz ist stromlos, jede verletzte Stelle aber negativ. Die Präexistenzlehre kann dieser Thatsache, sowie der Stromlosigkeit der Fische gegenüber sich nur durch die ad hoc gemachte und höchst unwahrscheinliche Annahme halten, dass keine Faser der Oberfläche ihr natürliches Ende zukehre.

Die Nicht-Präexistenz einer elektromotorischen Kraft im Muskel.

Ein anderer Weg, die Präexistenzfrage zu entscheiden, schien die Untersuchung, ob nach Anlegung des künstlichen Querschnitts der Muskelstrom augenblicklich in voller Stärke vorhanden sei oder zu seiner Entwicklung eine, wenn auch noch so kleine, Zeit bedürfe. Wäre letzteres der Fall, so kann unmöglich diejenige Lehre richtig sein, welche im Muskel die Molekeln vorgebildet annimmt, und das Messer dieselben nur freilegen lässt. Die Versuche, welche ich in den Jahren 1875 bis 1877 über diese Frage angestellt habe[2]), entschieden in diesem Sinne. Mittels eines besonderen Apparats wurde der galvanometrische Kreis im Augenblick der Verletzung geschlossen und eine äusserst kleine Zeit später wieder geöffnet. Die erhaltene Ablenkung war kleiner als sie in einem zweiten Versuche erhalten wurde, wo der Muskelstrom schon entwickelt war und während der gleichen kurzen Schlusszeit auf das Galvanometer wirkte. Der Muskelstrom braucht also zu seiner Entwickelung Zeit; er präexistirt demnach nicht.

Die Ströme des Nerven, der bluthaltigen Drüsen, der Pflanzen etc.

Es war vorauszusehen, dass die Eigenschaft, auf Verletzungen mit Negativwerden der absterbenden Substanz zu reagiren, auch anderen protoplasmatischen Gebilden zukommen würde. In erster Linie steht hier der Nerv, dessen Strom von du Bois-Reymond

[1]) Engelmann, Utrecht'sche physiol. Onderzoek. (3) III. p. 82. 1874.
[2]) Arch. f. d. ges. Physiol. XV. p. 191. 1877.

entdeckt und ebenfalls auf ein Molecularschema zurückgeführt worden war. Unversehrte Nervenendigungen sind aus mannigfachen Gründen galvanischer Untersuchung unzugänglich; trotzdem zweifelte man wegen der Analogie der Muskeln nicht an ihrem Strom und demnach an der Zulässigkeit des Molecularschemas. Mit der Entdeckung der Stromlosigkeit der Muskeln kehrte sich das Verhältniss um [1]); es war fortan nicht der mindeste Grund, dem Nerven einen anderen Ruhestrom zuzuschreiben als den künstlicher Querschnitte. Wir werden sehen, dass auch die Erscheinungen des Elektrotonus nicht im mindesten die Aufstellung eines Molecularschemas rechtfertigen.

An zwei Gruppen protoplasmatischer Apparate habe ich selbst auf Grund obiger Ueberlegung die künstlichen Querschnitte untersucht und negativ gefunden; beide Male fand sich, dass die entsprechende Beobachtung schon vorher von Anderen gemacht war. Der erste Fall betraf die drüsigen Organe des Frosches [2]), an denen schon Matteucci negative Querschnitte beobachtet hatte. Ich fand, dass diese Eigenschaft nur vorhanden ist, wenn die Gefässe ungeronnenes Blut enthalten, mit dessen Veränderung am Querschnitt die elektromotorische Kraft zusammenzuhängen scheint. Der zweite Fall betrifft die Negativität künstlicher Schnitte und Aetzstellen an Pflanzen [3]), erstere zuerst von H. Buff beobachtet [4]). Beide Erscheinungen sind zugleich der Art, dass eine Moleculartheorie absolut undenkbar ist, obgleich es selbst hier nicht an einem Versuche dazu gefehlt hat.

Das Gebundensein der Ströme an das Vorhandensein eines lebenden Antheils im verletzten Protoplasmakörper.

An den künstlichen Querschnitten der Pflanzen bemerkte ich, dass ihre Negativität rasch vorübergeht, neue Querschnitte aber von Neuem negativ erscheinen. Ich erklärte mir dies Verhalten dadurch, dass die Negativität des Querschnitts nach unserm Grundgesetz nur

[1]) Untersuchungen, Heft III. p. 25. 1868.
[2]) Ebendaselbst p. 88.
[3]) Arch. f. d. ges. Physiol. IV. p. 155. 1871.
[4]) Buff, Ann. d. Chemie LXXXIX. p. 76. 1854.

so lange bestehen kann, als die angeschnittenen Zellkörper noch einen lebenden Protoplasmarest besitzen; sind sie völlig abgestorben, so muss der Strom aufhören. So erklärt sich auch, weshalb an deutlich längsfasrigen Pflanzen auch künstliche Längsschnitte sich positiv gegen künstlichen Querschnitt verhalten [1]; indem nämlich die längsgespaltenen Zellkörper viel rascher durchweg abgestorben sind, als die querdurchschnittenen. Die gleiche Vergänglichkeit des Stromes, welche ich an künstlichen Querschnitten der Pflanzen gefunden hatte, hat neuerdings Engelmann auch am Herzen und an glattmuskeligen Organen beobachtet, und in gleicher Weise erklärt [2]. Diese Organe sind aus aneinandergereihten selbstständigen Zellkörpern zusammengesetzt, und der Strom eines Querschnitts kann deshalb nur so lange dauern, bis die verletzten Zellen durchweg abgestorben sind [3]. Die gleiche Erscheinung fand endlich Engelmann auch an den Nerven. Hier bilden die Ranvier'schen Schnürringe Zellgrenzen, an denen, wie Engelmann vorher gefunden hatte [4], der Absterbeprocess Halt macht, obwohl die Erregung diese Grenzen, wie auch am Herzen, Darm und Uterus, überschreitet [5].

Beseitigung der Demarcationsströme durch natürliche Heilung.

Engelmann war es vorbehalten, noch einen weiteren Beweis gegen die Präexistenzlehre zu entdecken [6]. Durchschneidet man nämlich einem lebenden Frosche einen Muskel subcutan, so nimmt die

[1] Arch. f. d. ges. Physiol. IV. p. 159, 163.

[2] Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XV. p. 116. 1877.

[3] Eine ganz analoge Beobachtung machte ich im Frühjahr 1877 an jungen Medusen, welche, durch gütige Vermittlung des Herrn Prof. Hensen in Kiel, lebend nach Zürich gekommen waren und mehrere Wochen erhalten werden konnten.

[4] Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XIII. p. 474. 1876.

[5] Gad und Tschiriew (Verhandl. d. physiol. Ges. z. Berlin 1877. Nr. 21) glauben das Schwinden des Stromes im Nerven davon herleiten zu können, dass nach dem Absterben der angeschnittenen Ranvier'schen Abschnitte die nun wirksamen Endflächen der nächstfolgenden nicht mehr in Einer Flucht liegen, so dass ihr Strom durch Nebenschliessung geschwächt wird. Der Werth dieser Betrachtung ergiebt sich sofort, wenn man bedenkt, dass die Länge der Ranvier'schen Abschnitte überhaupt nur 1—1½ mm. beträgt.

[6] Engelmann, Arch. f. d. ges. Physiol. XV. p. 328. 1877.

Negativität des künstlichen Querschnitts, und zwar unter dem Einfluss der Circulation und Innervation, beständig ab und schwindet endlich ganz. Wenn also die Natur künstliche Querschnitte stromlos zu machen die Tendenz hat, so ist es klar, dass im Naturzustande kein Muskel einen Strom haben kann, sondern jeder ruhende Muskelstrom von Verletzung herrühren muss.

Da sonach alle Ströme ruhender Muskeln, Nerven etc. (mit alleiniger Ausnahme des Einflusses ungleicher Temperatur und galvanischer Durchströmung) auf dem Contact absterbender und lebender Substanz beruhen und ihre elektromotorische Kraft in der „Demarcationsfläche" ihren Sitz hat, so nenne ich diese Ruheströme „Demarcationsströme".

Einfluss der Temperatur.

Hat die Muskelsubstanz innerhalb der gleichen Faser verschiedene Temperaturen, so verhalten sich, wie ich gefunden habe [1]), die wärmeren Stellen positiv gegen die kälteren, so lange die Temperatur nicht diejenige Grenze erreicht, welche Absterben (Wärmestarre), also Negativität herbeiführt. In genau gleichem Grade wie die lebende Substanz durch Wärme positiver wird gegen andre lebende, wird sie es auch gegen die absterbende, so dass nicht allein der Demarcationsstrom durch Erwärmen des ganzen Muskels kräftiger wird (wovon schon du Bois-Reymond Andeutungen sah; Steiner bestätigte es neuerdings auch für Nerven), sondern auch die Kraft des Demarcationsstroms nur von der Temperatur der lebenden Substanz an der Längsschnitts-Ableitungsstelle, nicht von der Temperatur der zwischenliegenden Substanz abhängig ist; die Muskelsubstanzen verschiedener Zustände bilden also eine Voltaische Spannungsreihe [2]).

Ströme ganzer Muskeln.

Wie schon bemerkt, ist an völlig unversehrten Muskelfasern kein Strom vorhanden. Alle Ströme ruhender Muskeln sind also, abgesehen von Temperaturverschiedenheiten, Wirkung von Verletzungen. Am

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. IV. p. 163. 1871.
[2]) Ebendaselbst p. 178.

einfachsten gestaltet sich der Strom an einem parallelfasrigen, quer durchschnittenen Muskel; hier liegen alle Demarcationsflächen dem Querschnitt parallel (Fig. 2), jeder Punkt des Querschnitts verhält sich also negativ gegen jeden Punkt der Längsoberfläche [1]). Da aber der Muskel zwischen den Fasern und an seiner Oberfläche indifferentes leitendes Gewebe besitzt, durch welches sich die Demarcationsströme grossentheils abgleichen können (Sarcolemma, Perimysium, abgestorbene Schicht am Querschnitt; in der Figur ist das indifferente Gewebe horizontal schraffirt), so ist erstens die Kraft der abgeleiteten Ströme nur ein Bruchtheil der Kraft der einzelnen Faser, zweitens ist die Positivität des Längsschnitts und die Negativität des Querschnitts dergestalt vertheilt, dass sie in der Mitte am grössten sind; so entstehen die sog. „schwachen Ströme" beim Ableiten von zwei unsymmetrischen Längsschnitts- oder Querschnittspunkten [2]). An den schwachen Längsschnittsströmen kann übrigens, besonders beim Nerven, elektrotonische Ausbreitung des Demarcationsstroms betheiligt sein (vgl. unten p. 141).

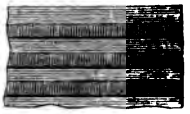


Fig. 2.

Bei schrägem Querschnitt entsteht, wie du Bois-Reymond gezeigt hat [3]), eine besondere Verziehung der Niveaulinien, indem sich die Wirkung einer elektromotorischen Kraft einmischt, welche am schrägen Querschnitt von der spitzen zur stumpfen Kante gerichtet ist („Neigungsstrom"). Du Bois-Reymond sieht den Grund dieser Kraft in der treppenartigen Anordnung, welche die Endmolekeln am schrägen Querschnitt bilden. Dieselbe Theorie aber passt auch für die treppenartige Anordnung der Demarcationsflächen der Muskelfasern (Fig. 3). Die Moleculartheorie wäre zur Erklärung der Neigungsströme nur dann erforderlich, wenn eine einzelne schräg

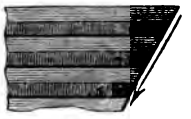


Fig. 3.

[1]) Die reinste Querschnittsableitung gewährt ein wärmestarr gemachter Muskelabschnitt (sog. „thermischer Querschnitt"); vgl. Arch. f. d. ges. Physiol. IV. p. 167. 1871.

[2]) du Bois-Reymond, Untersuchungen I. 1848.

[3]) du Bois-Reymond, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. p. 521; Monatsber. d. Berliner Acad. 1866. p. 587.

durchschnittene Muskelfaser einen Neigungsstrom besässe, was aber niemals nachgewiesen ist, oder nachgewiesen werden kann. Der Umstand, dass manche Fasern mit schrägen Facetten an der Sehne endigen [1]), könnte nur dann eine Moleculartheorie erforderlich machen, wenn solche Sehnen in unversehrtem Zustande einen Neigungsstrom besässen, was nicht der Fall ist; im verletzten Zustande sind aber die Demarcationsflächen stets senkrecht zur Faserrichtung, so dass eine treppenförmige Anordnung stattfindet (Fig. 3).

In allen Fällen partieller Verletzung des Muskels wirken nur die verletzten Fasern elektromotorisch; die übrigen bilden eine indifferente Nebenschliessung. Die schwachen Ströme solcher Muskeln haben daher keine gesetzmässige Beziehung zu den Flächen des Muskels, da alles auf den Sitz der Verletzungen ankommt; daher die regellosen Ströme der sogenannten parelektronomischen Muskeln. Wenn Verletzungen irgend welcher Art promiscue die Oberfläche des Muskels treffen, so ist stets grössere Wahrscheinlichkeit für eine vom Muskelende zum Längsschnitt (im Muskel) gerichtete Kraft, und dieselbe ist in der That fast stets vorhanden. Hat nämlich eine geringe Schädlichkeit die Oberfläche des Muskels getroffen, so macht das Absterben des Längsschnitts an der nächsten Fasergrenze Halt (vgl. oben S. 122), während das Absterben vom Querschnitt her einen dauernden Strom verursacht; nur bei den polymeren Muskeln (Herz, Darm etc.) ist es anders. Partiell am Längsschnitt angeätzte Fasern geben ferner zwar wegen der Demarcationsflächen zu localen Strömen Veranlassung; aber bei Anlegung leitender Bogen zwischen Längsschnitt und Ende kommen jene Strömchen kaum zur Wirkung, während die Demarcationsströme am Muskelende sehr günstig abgeleitet werden, und, wegen der gewöhnlichen Art des schrägen Ansatzes der Fasern an die sehnige Grenzhaut, sogar durch Neigungsströme ihre Kräfte summiren.

---

[1]) du Bois-Reymond, Monatsber. d. Berliner Acad. 1872. p. 791.

III. Der Elektrotonus.

Bedenken gegen die moleculare Erklärung des Elektrotonus.

Die oben S. 114 angedeutete Erklärung des elektrotonischen Zustandes der Nerven hat mannigfache theoretische Bedenken, auf welche hier nicht eingegangen werden kann. Die Theorie schien jedoch einer experimentellen Prüfung zugänglich. Wenn nämlich die Molekeln der durchflossenen Strecke sich im Sinne des Stromes säulenartig ordnen, so muss der Strom einen sich selbst gleichsinnigen Zuwachs von sehr beträchtlicher, ja sogar ungeheurer elektromotorischer Kraft empfangen, oder mit andern Worten, die Intensität eines Stromes muss ungeheuer viel grösser sein, wenn er durch ein lebendes Nervenstück geleitet wird, als wenn durch ein todtes von gleichen Dimensionen. Als ich aber diesen Versuch anstellte, fand ich von diesem Verhalten keine Spur [1]).

Elektrotonische Erscheinungen an Leitern mit polarisirbaren Kernen.

Die erste Anregung zur Aufdeckung der wahren Ursache der elektrotonischen Erscheinungen gab ein Versuch von Matteucci [2]). Derselbe fand, dass ein Metalldraht, welcher mit einer feuchten Hülle umgeben ist, Ströme von den Eigenschaften der elektrotonischen Nervenströme zeigt, sobald ein galvanischer Strom, in irgend einer Strecke, der feuchten Umhüllung zugeleitet wird. Matteucci entdeckte ausserdem, dass jene Ströme ausbleiben, wenn der Draht aus amalgamirtem Zink und die Befeuchtung der Hülle aus gesättigter Zinksulphatlösung besteht. Hieraus ging hervor, dass die Erscheinung von der Polarisation zwischen Kern und Flüssigkeit abhängt.

Ich untersuchte die Erscheinung genauer [3]), indem ich die Metalldrähte durch ein Glasrohr zog, welches mit Flüssigkeit gefüllt werden konnte, und welches zur Zuleitung und Ableitung von Strömen seit-

[1]) Untersuchungen, Heft III. p. 67. 1868; Arch. f. d. ges. Physiol. VI. p. 328. 1872.

[2]) Matteucci, Comptes rendus LVI. p. 760. 1863; LXV. p. 151, 194, 884. 1867; LXVI. p. 580. 1868.

[3]) Arch. f. d. ges. Physiol. V. p. 264. 1871; VI. p. 312. 1872; VII. p. 302. 1873.

liche Ansätze besass. Es bestätigte sich, dass die elektrotonischen Ströme nur bei polarisirbaren Kernen auftreten. Ferner zeigte sich, dass sie sich nur soweit erstrecken, wie sowohl der Kern als die Hülle ununterbrochene Continuität besitzt, während continuirliche Berührung beider nicht erforderlich ist. Endlich stellte ich die Gesetze der zeitlichen Entwicklung dieser Ströme, ihres zeitlichen Verlaufs, ihres Abklingens nach der Oeffnung, ihrer Abhängigkeit von der Entfernung und von der Länge der durchflossenen Strecke, ihrer Combination und Superposition etc. fest. Alle diese Erscheinungen ordneten sich ohne Schwierigkeit unter eine leicht übersehbare Theorie. Indem der der Hülle zugeführte Strom $E\ a\ k$ (Fig. 4) den Kern $K\ K'$ zu gewinnen sucht, vertheilt er sich, wenn keine Polarisation vorhanden ist, so, dass nur die kürzesten Stromfäden, in unmittelbarer Nähe der Elektroden, merkliche Stromzweige erhalten. Findet aber an der Oberfläche des Kernes Polarisation statt, so bedingt dieselbe einen beträchtlichen Uebergangswiderstand; da gegenüber diesem grossen und an allen Stellen des Kernes gleichen Widerstandsantheil der von der Länge der Stromfäden abhängige Antheil klein ist, so verbreitet sich unter dem Einflusse der Polarisation der Strom ungemein viel weiter längs des Leiters als ohne Polarisation. Legt man einen Galvanometerbogen (G, G', G'') an, so erhält derselbe einen solchen Stromzweig, als ob in der abgeleiteten Strecke eine dem zugeleiteten Strom gleichgerichtete Kraft ihren Sitz hätte. Die polarisatorische Ausbreitung kann sich aber nur so weit erstrecken, als sowohl Kern als Hülle continuirlich reichen.

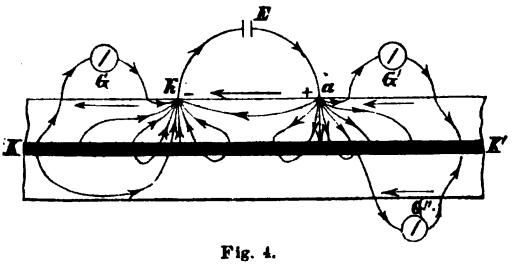


Fig. 4.

Die abgeleiteten Ströme sind zugleich, wie die mathematische Theorie ergiebt, ein Maass der Polarisationsdifferenz der abgeleiteten Punkte, also ein Mittel, die Ausbreitung der Polarisation längs des Kernes festzustellen. Die Curve der Polarisationsbeträge (im All-

gemeinen eine Exponentialcurve) hat an der positiven Elektrode ein positives Maximum, an der negativen ein negatives. In der durchflossenen Strecke schneidet sie die Abscisse (Indifferenzpkt. *i*). In den extrapolaren Strecken schliesst sie sich asymptotisch derselben an. Die Curve ist in Fig. 5 dargestellt, aus gewissen Gründen (s. unten p. 139) sind die positiven Polarisationen nach unten, die negativen nach oben genommen.

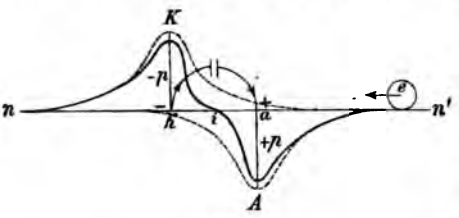


Fig. 5.

Innere Quer-Polarisirbarkeit der Muskeln und Nerven.

Im Jahre 1871 fand ich [1]), dass der Widerstand der Muskeln und Nerven in der Richtung quer zur Faserung 5—9 mal grösser ist als in der Längsrichtung. Diese Differenz fällt beim Muskel mit dem Erstarren fast ganz fort, während sie in todten Nerven noch zur Hälfte fortbesteht. Weitere Verfolgung dieser Thatsachen zeigte, dass der Unterschied auf einer specifischen inneren Querpolarisirbarkeit beruht, welche beim Muskel ganz, beim Nerven grossentheils an den Lebenszustand gebunden ist. Diese an die Querrichtung gebundene innere Polarisation kann nur daher rühren, dass in der Querrichtung eine Schichtung heterogener Leiter vorhanden ist, die in der Längsrichtung fehlt. Da ferner diese Schichtung Muskeln und Nerven gemeinsam ist, so kann sie nur darin bestehen, dass die indifferenten Röhren dieser Organe eine differente Substanz, die Kernsubstanz, einschliessen, und dass die Polarisation an der Grenze zwischen Kern- und Hüllensubstanz stattfindet.

Erklärung des Elektrotonus der Nerven.

Da hiernach die wesentlichen Bedingungen der elektrotonischen Stromausbreitung in Leitern mit polarisirbarem Kern auch beim Nerven gegeben sind, war die Erklärung des Elektrotonus geliefert [2]). Freilich

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. V. p. 223. 1871.
[2]) Ebendaselbst VI. p. 328. 1872.

haben die Nervenkerne wahrscheinlich kein besseres Leitungsvermögen als die Hülle, während in den künstlichen Leitersystemen der Kern metallisch war. Allein die Theorie lehrt, dass die elektrotonische Ausbreitung auch dann eintritt, wenn der Kern nicht besser leitet als die Hülle, wenn nur an der Grenze beider Polarisation stattfindet. Die Theorie steht nun, wie ich ausführlich nachgewiesen habe, mit allen elektrotonischen Erscheinungen im vollkommensten Einklange. Insbesondere erklärt sie, warum der Elektrotonus zu seiner Etablirung keine messbare Zeit braucht [1]), und warum er Unterbindungsstellen nicht überschreitet; jede Quetschung nämlich unterbricht die Continuität der Kernsubstanz, indem sie dieselbe tödtet und in indifferentes Gewebe umwandelt.

Da auch die Muskeln polarisirbare Faserkerne besitzen, müssen auch sie mit elektrotonischen Eigenschaften begabt sein, trotzdem gelang es früher weder du Bois-Reymond noch mir, dieselben mit Sicherheit galvanometrisch nachzuweisen; freilich konnte ebensowenig ihr Mangel bestimmt behauptet werden. Die Theorie ergab jedoch die Gründe, weshalb der Muskel für den Elektrotonus ungünstigere Bedingungen darbietet als der Nerv [2]). Neuerdings ist es mir übrigens, durch ein verbessertes Zu- und Ableitungsverfahren, gelungen, auch den Elektrotonus des Muskels mit Sicherheit galvanometrisch darzustellen.

Ein wesentlicher Zusatz zur Lehre vom Elektrotonus der Nerven wird weiter unten zur Sprache kommen.

IV. Die Ströme bei der Thätigkeit.

A. In den Muskeln.

Die Negativität der Erregungswelle.

Nachdem Helmholtz für die Nerven, Aeby für die Muskeln nachgewiesen hatte, dass die Erregung wellenförmig mit messbarer Geschwindigkeit durch die Fasern geleitet wird, unternahm es zuerst

[1]) Helmholtz, Monatsber. d. Berliner Acad. 1854. p. 328. L. Hermann, Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. p. 272. 1874.

[2]) Arch. f. d. ges. Physiol. VI. p. 350. 1872.

J. Bernstein die galvanischen Vorgänge bei dieser Leitung zu untersuchen[1]), indem er mittels eines von ihm erfundenen Apparates den galvanischen Zustand in beliebigen Zeitabständen nach der Reizung feststellte. Er fand, dass im Muskel bei directer Reizung einer Faserstelle ein negativer Abschnitt entsteht, der mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Contractionswelle über die Faser abläuft. Diese Erscheinung war aus der du Bois'schen Theorie erklärbar, nach welcher die Molekeln der erregten Muskelsubstanz weniger wirksam sind, so dass eine erregte Stelle gegen den ruhenden Rest negativ sein muss. Man nannte deshalb den Vorgang „wellenförmiges Fortschreiten der negativen Schwankung". — Aus unserer Annahme (S. 117), dass die erregte Substanz sich wie die absterbende negativ gegen die unveränderte verhält, ist die Erscheinung unmittelbar erklärbar, und ich nenne jeden durch die Wirkung absterbender Substanz gegen ruhende entstehenden Strom einen „Actionsstrom"[2]).

Der phasische und der tetanische Actionsstrom.

Wenn eine einzelne Erregungswelle über eine Muskelfaser abläuft, welche an zwei Punkten mit einem Galvanometer verbunden ist, so ist derjenige Punkt gegen den andern negativ, unter welchem die Welle grade hindurchgeht, resp. stärkere Phase hat, es entsteht also ein „phasischer Actionsstrom", der zuerst von der Reizstelle weg, dann zur Reizstelle hin gerichtet ist. Beide Phasen haben gleiche Stärke, wenn die Erregungswelle in ihrem Ablauf unverändert bleibt.

Wird eine Muskelfaser tetanisirt, so müssen sich, mag die Erregung wellenförmig ablaufen oder die ganze Faser auf einmal ergreifen, die Ableitungsstellen um so stärker negativ verhalten, je grösser ihr auf die ganze Dauer des Tetanus gleichmässig vertheilt gedachter Erregungsbetrag ist.

---

[1]) J. Bernstein, Monatsber. d. Berliner Acad. 1867. p. 72; Arch. f. d. ges. Physiol. I. p. 173. 1868; Untersuchungen über den Erregungsvorgang etc. Heidelberg 1871.

[2]) Untersuchungen Heft III. p. 61. 1868; Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 193. 1877.

Tetanische Actionsströme verletzter und unversehrter Muskeln.

Die ersten Beobachtungen du Bois-Reymond's betrafen den tetanischen Actionsstrom von Muskeln mit künstlichem Querschnitt; derselbe ist dem Demarcationsstrom entgegengesetzt gerichtet, oder eine „negative Schwankung" des letzteren. Da er nach meiner Theorie darauf beruht, dass der lebende Muskelantheil in derselben Richtung sich verändert, in welcher der absterbende schon verändert ist, so nenne ich diesen Actionsstrom einen „ausgleichenden".

Später fand du Bois-Reymond, dass auch unversehrte Muskeln einen nach dem Ende hin gerichteten tetanischen Actionsstrom haben. Um ihn mit der Theorie zu vereinigen, musste angenommen werden, dass die parelektronomische Schicht des Faserendes an der Erregung gar nicht, oder in vermindertem Maasse theilnimmt. Letztere Annahme war die spätere und richtigere, weil sich zeigte, dass der Actionsstrom des unversehrten Muskels weniger kräftig ist, als der des angeschnittenen [1]). Mit einem Wort: um den Actionsstrom des unversehrten Muskels zu erklären, muss angenommen werden, dass das Faserende an der Erregung in geringerem Grade Theil nimmt als die Mitte der Faser.

Während nun du Bois-Reymond diese verminderte Theilnahme hypothetisch auf das Faserende selbst beschränkte, d. h. den Sitz der elektromotorischen Kraft des Actionsstroms an das Faserende verlegte, vermuthete ich, dass die über die Faser ablaufende Erregungswelle während des ganzen Ablaufs an Intensität abnimmt [2]), woraus nach der Erörterung des letzten Paragraphen folgen würde, dass im Tetanus jeder der Reizstelle nähere Ableitungspunkt sich negativ verhält gegen den entfernteren. Die Richtung des so sich ergebenden Stromes wäre dieselbe, wie sie die Wirklichkeit und auch die du Bois'sche Theorie ergiebt, nur wäre die Kraft unsres „decrementiellen" Actionsstroms gleichmässig auf den ganzen Weg der Erregungswelle vertheilt.

[1]) du Bois-Reymond, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. p. 548.
[2]) Untersuchungen Heft III. p. 60. 1868.

Das Decrement der Erregungswelle im ausgeschnittenen Muskel.

Kurz nachdem ich die Vermuthung ausgesprochen hatte, dass die Erregungswelle beim Ablauf im Muskel abnimmt, wurde dasselbe von Bernstein durch directe Versuche gefunden [1]). Du Bois-Reymond vermuthete jedoch, dass dies Resultat nur durch abnorme Eigenschaften, durch Absterbezustand des ausgeschnittenen Muskels bedingt sei, und fand wirklich zuweilen am ganz frischen Muskel bei directer Reizung keinen decrementiellen Actionsstrom zwischen zwei Punkten in der Continuität des Muskels [2]). Er beharrte also dabei, den Sitz des Actionsstroms an die parelektronomische Schicht zu verlegen. Ausserdem bezweifelte er, ob bei Reizung vom Nerven aus die Erregung überhaupt wellenförmig im Muskel ablaufe.

Ich selber fand indess stets im ausgeschnittenen Muskel ein Decrement der Erregungswelle, welches freilich durch Ermüdung sich vergrösserte [3]). Ferner fand ich folgende Beweise, dass die Kraft des Actionsstroms auf die ganze Länge der Faser gleichmässig vertheilt ist: ändert man, während man die Faser an einem Ende tetanisch reizt, die Lage der Ableitungsstellen, so erhält man stets Actionsströme, die von der Reizstelle weg gerichtet sind; die Kraft derselben hängt allein von dem gegenseitigen Abstand der Ableitungspunkte ab und ist unabhängig davon, ob die eine Ableitung am Faserende oder an einem anderen Muskelpunkte liegt [4]). Dieselbe Erscheinung zeigt sich, wenn der Nerv des Muskels tetanisirt wird [5]); zwischen zwei Ableitungsstellen tritt dann stets ein Actionsstrom auf, dessen Kraft ausschliesslich abhängt von der Differenz ihrer Abstände vom „nervösen Aequator“ [6]) des Muskels, gleichgültig ob eine Ableitungsstelle am Faserende liegt oder nicht. Diese Versuche beweisen,

---

[1]) Bernstein, Untersuchungen etc. p. 64. 1871.

[2]) du Bois-Reymond, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1876. p. 369.

[3]) Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 194. 1877.

[4]) Ebendaselbst p. 217.

[5]) Ebendaselbst p. 229.

[6]) „Nervösen Aequator“ nenne ich denjenigen Querschnitt eines Muskels, auf welchen bezogen die algebraische Summe der Abstände aller Nerveneintrittsstellen Null ist; vgl. Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 234, 414. 1877.

dass die Erregung auch bei indirecter Reizung wellenförmig abläuft, dass sie im ausgeschnittenen Muskel stets ein Decrement hat, dass der tetanische Actionsstrom decrementieller Natur ist und seine Kraft nicht am Faserende sich befindet, sondern auf den ganzen Lauf der Erregungswelle vertheilt ist. Für einen Theil dieser Sätze folgen noch directere Beweise.

Die phasischen Actionsströme bei Reizung vom Nerven aus.

Die erste Untersuchung über den phasischen Actionsstrom bei indirecter Reizung wurde von S. Mayer unter Bernstein's Leitung angestellt [1]), und zwar am Wadenmuskel des Frosches. Er fand, dass zuerst ein absteigender, dann ein aufsteigender Actionsstrom auftrat; war der Muskel unten verletzt, so schien die letztere Phase schwächer ausgeprägt. Dies Resultat wurde von du Bois-Reymond [2]) und, mit einem besonderen, nicht repetirenden Apparate, auch für Einzelreizung von mir bestätigt [3]).

Du Bois-Reymond erklärte das Resultat aus dem verschiedenen zeitlichen Verlauf der Actionsstromkräfte, die er an beiden Enden des Muskels annahm, und welche, jede nach ihrem Ende hin gerichtet, sich superponiren. Der absteigende Actionsstrom des unteren Endes entstehe rascher und schwinde früher als der aufsteigende des oberen. Da Verletzung eines Endes (Wegschaffung der parelektronomischen Schicht) dessen Actionsstrom verstärke (vgl. S. 131), so werde jetzt der obere Actionsstrom ganz vom unteren verdeckt [4]).

Fundamental verschieden ist die von mir gegebene Erklärung dieser Erscheinung [5]). Nach meiner Theorie muss der Muskel absteigend wirken, wenn die Erregungswelle am oberen Ende sich befindet, aufsteigend, wenn am unteren. Also nicht die erste, sondern die zweite Phase ist dem unteren Muskelende zuzuschreiben. Die erste gehört, wie ich zeigte, dem Moment an, wo die Erregungswelle

[1]) S. Mayer, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. p. 655.
[2]) du Bois-Reymond, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. p. 584.
[3]) Arch. f. d. ges. Physiol. XV. p. 235. 1877.
[4]) du Bois-Reymond, a. a. O. 1873—1876.
[5]) Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 236. 1877.

sich im Bereich der oberen Ableitung befindet; diese aber betrifft im Wadenmuskel, wegen dessen eigenthümlichen Baues, mehr die Mitte der Fasern als ihr oberes Ende. Nach dieser Theorie ist es sofort klar, dass die absteigende Phase der aufsteigenden vorangehen muss, denn jede Erregungswelle erscheint zuerst in der Mitte der Faser, wo die Nervenfaser eintritt, und erreicht erst später das Ende. Ist das untere Faserende verletzt, so hat die an ihm anlangende Erregungswelle, wegen der ohnehin hier bestehenden Negativität, keine Wirkung; die zweite, aufsteigende Phase fällt also weg.

Die Richtigkeit dieser Erklärung wurde zweifellos festgestellt durch Versuche über den phasischen Actionsstrom regelmässiger gebauter Muskeln[1]). An diesen zeigte sich mit absoluter Regelmässigkeit in jeder Hälfte zuerst eine atterminale, dann eine abterminale Phase (vgl. Fig. 6). Die atterminalen Phasen beider Hälften (1 in Fig. 6) fallen zeitlich zusammen, sie rühren her von dem Beginn der Erregungswelle, in der Mitte der Faser; die Fasermitte verhält sich negativ gegen beide Enden. Ebenso fallen die abterminalen Phasen beider Hälften (2 in Fig. 6) zeitlich zusammen; sie rühren her von der Ankunft der Erregungswelle an beiden Faserenden; jetzt verhalten sich die Faserenden negativ gegen die Mitte.

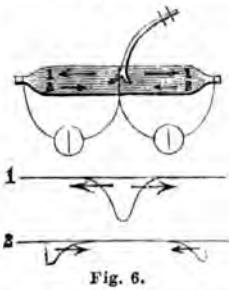


Fig. 6.

Der wellenförmige Ablauf der Erregung im Muskel war so auch für den Fall der Reizung vom Nerven aus direct bewiesen; ebenso ward von neuem klar, dass die Kraft des Actionsstroms nicht an den Faserenden sitzt. Aber es zeigte sich in diesen Versuchen auch direct, dass die Erregungswelle im ausgeschnittenen Muskel mit Decrement verläuft. Die zweite, abterminale Phase ist nämlich regelmässig viel schwächer als die atterminale (in Fig. 6 durch die Länge der Pfeile und die Höhe der Actionswellen dargestellt), und nimmt im Laufe des Versuchs noch weiter ab.

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 239. 1877.

Der Actionsstrom im ganz unversehrten Muskel, beim lebenden Menschen.

Am lebenden Menschen konnte die Frage des ruhenden Muskelstroms, wegen zahlreicher Hindernisse durch die Haut, nie entschieden werden. Dagegen fand du Bois bei angestrengter willkürlicher Contraction der Muskeln eines Armes oder eines Beins im betreffenden Glied einen aufsteigenden Strom, welchen er für die algebraische Summe der tetanischen Actionsströme der angestrengten Muskeln hielt, obwohl sich diese Deutung nur durch Exclusion anderer Erklärungsversuche sehr wahrscheinlich machen liess[1]). Gleichwohl gelang es mir nicht, diesen Strom bei der denkbar günstigsten Ableitung von einer einzelnen Muskelgruppe nachzuweisen[2]).

Die Frage, ob das Decrement der Erregungswelle nur am ausgeschnittenen Muskel, wegen des Absterbens, stattfinde, konnte nur durch Versuche am lebenden Menschen entschieden werden. Da aber der tetanische Actionsstrom wegen mannigfacher Störungen der Untersuchung kaum zugänglich ist, so erforschte ich den phasischen Actionsstrom an den Muskeln des Vorderarms[3]). Es zeigte sich das gleiche Verhalten, welches ich am Frosche gefunden hatte: die erste Phase ist ein atterminaler Strom, bei welchem sich die Gegend des nervösen Aequators (der etwa 10 cm. unter dem Ellbogen liegt) gegen beide Enden negativ verhält; die zweite Phase ist abterminal, d. h. beide Enden verhalten sich negativ gegen den Aequator (vgl. die Pfeile in Fig. 7). Hier aber erwies sich, abweichend vom ausgeschnittenen Froschmuskel, die zweite Phase nicht schwächer als die erste, die Erregungswelle nimmt also im ganz normalen Muskel nicht ab. Diese Versuche, welche die erste gesetzmässige Muskelwirkung des lebenden Menschen darstellten, lehrten zugleich die Fortpflanzungsgeschwindig-

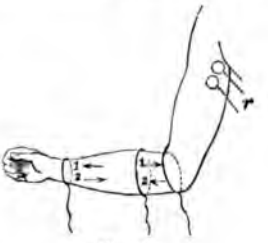


Fig. 7.

[1]) du Bois-Reymond, Untersuchungen II. Abth. 2. p. 267.
[2]) Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 257. 1877.
[3]) Ebendaselbst XVI. p. 410. 1878.

keit der Erregung im menschlichen Muskel annähernd kennen; dieselbe liegt zwischen 10 und 13 met. p. sec.

Abwesenheit der Actionsströme, wenn weder Ausgleichung, noch Phase, noch Decrement solche veranlassen.

Wenn man einen unversehrten, stromlosen Muskel direct in seiner Totalität reizt, so findet, wie ich sowohl für einzelne Zuckungen wie für Tetanus nachgewiesen habe, kein Actionsstrom statt[1]). Der Grund liegt offenbar darin, dass die ganze Substanz gleichzeitig und in gleichem Grade in den Zustand der Erregung übergeht, also nirgends Gelegenheit zum Contacte erregter und unerregter oder weniger erregter Substanz gegeben ist.

Hat dagegen ein Muskel künstlichen Querschnitt, also Demarcationsstrom, so tritt bei der Totalerregung ein ausgleichender Actionsstrom auf, welcher den Ruhestrom vermindert[2]).

Wenn ein Muskel vom Nerven aus tetanisirt wird, so können in ihm nur dann Actionsströme stattfinden, wenn die Erregungswelle nicht überall gleiche Intensität hat. In der That ist es beim Menschen, in dessen Muskeln bei ganz normalen Zuständen kein Decrement der Welle stattfindet, nicht möglich, einen tetanischen Actionsstrom nachzuweisen. Bei sehr heftiger ermüdender Reizung ist es mir zuweilen gelungen, auch beim Menschen decrementiellen Actionsstrom darzustellen, jedoch gelingt der Versuch nicht sicher, sei es, dass der menschliche Muskel gegen den leitungsschädigenden Einfluss der Ermüdung sehr resistent ist, sei es, dass Nebenwirkungen der Reizung den Versuch stören[3]). [Durch neue, seitdem publicirte[4]) Untersuchungen ist festgestellt, dass die Reizung einen secretorischen, von aussen nach innen gerichteten Hautstrom bewirkt. Dieser Strom ist die wahre Ursache der Negativität der angestrengten Seite gegen die ruhende bei willkürlicher Anstrengung eines Gliedes und symmetrischer Ableitung, also desjenigen Stromes, welchen du Bois-Reymond (s.

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. p. 203. 1877.
[2]) Ebendaselbst XV. p. 238; XVI. p. 203 ff. 1877.
[3]) Ebendaselbst XVI. p. 416. 1878.
[4]) Hermann u. Luchsinger, Arch. f. d. ges. Physiol. XVII. p. 310. 1878.

oben S. 135) für den musculösen Actionsstrom des Menschen gehalten hatte. Nachtr. Zusatz.]

B. In den Nerven.

Die Actionsströme in unversehrten Nervenstrecken.

In der völlig unversehrten Nervenfaser laufen nach Helmholtz Erregungswellen mit einer Geschwindigkeit von 28 met. p. sec. (für den Frosch) ab. Ein leitender Bogen, an zwei Längsschnittspunkte eines Nerven angelegt, würde demnach, wenn die Erregung unter seinen Fusspunkten hindurchgeht, einen phasischen Actionsstrom zeigen, der im Nerven zuerst gleiche, dann entgegengesetzte Richtung wie der Weg der Welle hat. Jedoch ist es bisher nicht gelungen, diese äusserst flüchtigen Actionsströme nachzuweisen[1]). Da die Erregungswelle im Nerven nicht abnimmt, so würden beide Phasen gleich sein, und im Tetanus, wo ihre algebraische Summe (welche gleich Null ist) zur Beobachtung kommt, tritt daher zwischen zwei Längsschnittspunkten eines Nerven kein Actionsstrom auf.

Der Actionsstrom am Querschnitt des durchschnittenen Nerven.

Der Actionsstrom des Nerven mit abgeleitetem Querschnittsstrom ist von du Bois-Reymond entdeckt worden; er ist ausgleichender Natur, und besteht also in einer Abnahme des beständigen Demarcationsstroms. Du Bois-Reymond hat diesen Strom nur im Tetanus beobachtet. Bernstein aber gelang es mit seinem Apparat (S. 130) ihn auch für einzelne Erregungswellen festzustellen[2]). Ist der ableitende Bogen dem künstlichen Querschnitt und einem Längsschnittspunkt angelegt, so tritt die Abnahme des Ruhestroms in dem Augenblicke ein, wo die Erregung unter dem Längsschnittspunkt hindurchgeht. Durch Verlegung des Längsschnittspunktes konnte das Fortschreiten und der zeitliche Verlauf der Erregungswelle untersucht werden. Die Geschwindigkeit wurde ebenso gross gefunden, als sie sich ergab, wenn der Abstand der Reizstelle von einem festen Er-

[1]) Vgl. jedoch den nachträglichen Zusatz am Schluss.
[2]) Die Stellen sind oben S. 130 citirt.

folgspunkt (Muskel oder Ableitung am künstlichen Querschnitt) variirt wurde. Hierdurch wurde festgestellt, dass der bei der Erregung ablaufende Vorgang mit der Negativitätswelle identisch ist.

Die Art, wie die Welle bei der Annäherung an den künstlichen Querschnitt sich verhält, wird unten erörtert werden.

Die Actionsströme des polarisirten Nerven; das polarisatorische Increment der Erregung.

Die elektrotonischen Ströme (s. oben S. 126 ff.) erleiden, wie Bernstein 1866 fand[1]), bei der Erregung des Nerven eine ähnliche Abnahme wie der Strom eines künstlichen Querschnitts. Als Anhänger der Molecular theorie erklärte er diese Erscheinung folgendermassen: da die elektrotonischen Ströme auf einer veränderten Anordnung der Molekeln beruhen, die Kraft jeder Molekel aber durch die Erregung abnimmt, so muss auch der elektrotonische Strom bei der Erregung abnehmen. Hiernach schien die Erscheinung lediglich Erwartetes zu bestätigen.

Nach meiner Theorie aber (s. oben S. 128) sind die elektrotonischen Ströme nur Zweige des polarisirenden Stromes, bedingt durch die innere Polarisation des Nerven. Da diese Zweige sich durch die Erregung nicht ändern können, schloss ich, dass jene scheinbare Abnahme auf dem Auftreten eines durch die Polarisation bedingten Actionsstroms beruhe, welcher dem polarisirenden Strome entgegengesetzt gerichtet ist. Als Ursache dieses Actionsstroms nahm ich an, dass die Erregungswelle beim Ablauf durch den polarisirten Nerven nicht ihre Grösse behält, sondern zunimmt, wenn sie zu stärker positiv oder schwächer negativ polarisirten Nervenstellen fortschreitet, abnimmt in den entgegengesetzten Fällen (Satz vom „polarisatorischen Increment der Erregung“)[2]). Man sieht leicht, dass diese Annahme die Bernstein'sche Beobachtung erklärt.

Wenn diese Annahme richtig ist, so muss die Erregung an der Anode des polarisirenden Stromes ein Maximum, an der Kathode ein Minimum erreichen; demnach müsste in der intrapolaren Strecke ein

[1]) Bernstein, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. p. 596.

[2]) Arch. f. d. ges. Physiol. VI. p. 359. 1872; VII. p. 323. 1873.

kräftiger Actionsstrom auftreten, der dem polarisirenden Strome gleich gerichtet ist, letzteren also verstärkt.

Ich fand in der That sofort, dass dieser Actionsstrom stets vorhanden ist [1]), und später zeigte sich, dass die gleiche Beobachtung schon vorher von Grünhagen gemacht war, welcher sie aber ganz anders aufgefasst hatte, nämlich als Wirkung einer Widerstandsabnahme im Nerven durch die Erregung, durch welche ebenfalls der durchgeleitete Strom verstärkt werden würde [2]). Schon ehe ich von dieser früheren Beobachtung Kenntniss hatte, hatte ich diese Möglichkeit der Deutung geprüft und zahlreiche Beweise gefunden, dass wirklich eine neue elektromotorische Kraft und nicht eine Widerstandsabnahme vorliege [3]). Später fand ich noch einen directeren Beweis: der Querwiderstand der Nerven wird nämlich durch die Erregung durchaus nicht vermindert; die Erregung hat auf den Nervenwiderstand überhaupt keinerlei Einfluss [4]).

Weitere physiologische Bestätigungen des Satzes vom polarisatorischen Increment.

Zur Veranschaulichung des Satzes vom polarisatorischen Increment denke man sich längs des horizontalen Nerven eine Abscissenaxe, *n n'* in Fig. 5 (S. 128), und die Polarisationsbeträge in verticaler Richtung als Ordinaten aufgetragen, ausnahmsweise aber die positiven Polarisationen nach unten, die negativen nach oben. Man erhält dann die oben (S. 127) erwähnte Polarisationscurve *n K i A n'*, deren tiefster Punkt der Anode, deren höchster der Kathode entspricht. Längs dieser Curve rolle nun eine reibungslose Kugel *e*, die aus unendlicher Ferne mit einer gewissen horizontalen Anfangsgeschwindigkeit kommt. Die lebendige Kraft dieser Kugel kann dann die Grösse der Erregung darstellen. Man findet sofort, dass die anfängliche Kraft in den unter der Abscisse liegenden Niveau's, d. h. im Gebiet des Anelektrotonus, vergrössert, in den höheren Niveau's, im Katelektrotonus, vermindert

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. VI. p. 560. 1872; VII. p. 355. 1873; X. p. 215. 1875.
[2]) Grünhagen, Ztschr. f. rationelle Med. (3) XXXVI. p. 132. 1869.
[3]) Arch. f. d. ges. Physiol. X. p. 215. 1875.
[4]) Ebendaselbst XII. p. 151. 1875.

ist. Ist die anfängliche Kraft zu gering, so wird die Kugel den Gipfel des katelektrotonischen Berges nicht erreichen können, die Erregung also die Kathode nicht überschreiten können. Wird ferner die Kugel mit einer gewissen Anfangskraft auf ein tiefes (anelektrotonisches) Curvenstück aufgesetzt, so wird sie ausserhalb des Polarisationsbereiches mit verminderter Kraft anlangen. Geht sie dagegen mit gegebener Anfangskraft von einem hohen (katelektrotonischen) Niveau aus, so langt sie aussen mit erhöhter Kraft an.

Alle diese Folgerungen bestätigen sich theils durch längst bekannte, theils durch neue Erfahrungen. Durch die Untersuchungen von Eckhard und Pflüger ist bekannt, dass ein gegebener Reiz im entfernten Muskel eine vergrösserte Wirkung hat, wenn er eine katelektrotonische Nervenstelle trifft, eine verminderte dagegen, wenn die Reizstelle im Anelektrotonus liegt. Man sieht, dass diese Thatsachen aus dem genannten Gesetze sich ebenso vollkommen erklären lassen, wie aus der gewöhnlichen Annahme, dass die Erregbarkeit des Nerven selbst durch den Anelektrotonus vermindert, durch den Katelektrotonus erhöht wird [1]). Ferner sind eine Reihe von Thatsachen bekannt, welche zeigen, dass bei hinreichend starker Polarisation oder hinreichend schwachem Reize die Erregung die Kathode nicht zu überschreiten vermag [2]). Nimmt man noch die Thatsache hinzu, dass die Erregung ein unüberschreitbares Maximum hat, so lässt sich ferner folgern, dass auch beim Durchgang durch die Anode unter gewissen Umständen eine definitive Verminderung der Erregungsgrösse stattfinden muss [3]).

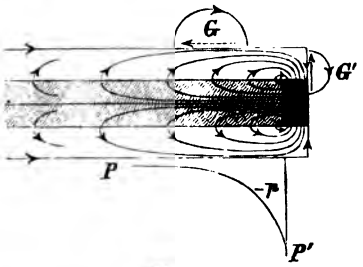


Fig. 8.

Endlich hat ein künstlicher Querschnitt durch die Ausbreitung des Demarcationsstromes längs des Nerven eine negative Polarisation (Katelektrotonus) der Fasern in der

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. VII. p. 325, 497. 1873.
[2]) Ebendaselbst VII. p. 354. 1873; X. p. 226. 1875.
[3]) Ebendaselbst VII. p. 361. 1873.

Nähe des Querschnitts zur Folge [1]). Durch diesen Umstand erklären sich die sogenannten „schwachen Längsschnittsströme“ des Nerven mindestens zum grossen Theil [2]). Ein Reiz, welcher in der Nähe des Querschnitts den Nerven trifft, muss ferner nach dem Gesetze des Increments eine verstärkte Wirkung haben, welche in der That festgestellt ist. Endlich muss eine längs des Nerven gegen den Querschnitt hin ablaufende Erregungswelle nach dem gleichen Satze beständig abnehmen, ehe sie am Querschnitt selber erlischt.

V. Schlussbemerkungen.

Sämmtliche elektrischen Erscheinungen der Muskeln und Nerven sind also aus einigen wenigen, höchst einfachen Sätzen abzuleiten. Das erregbare Protoplasma beantwortet sowohl die tödtlichen als die erregenden Einflüsse mit einer elektromotorischen Reaction; die veränderte Substanz verhält sich negativ elektrisch gegen die unveränderte. Die innere Querpolarisirbarkeit und das polarisatorische Increment der Erregung müssen zur vollständigen Erklärung aller Thatsachen noch hinzugenommen werden.

Dass die gewonnenen Fundamentalsätze mit dem ganzen Leben der irritablen Gebilde in innigstem Zusammenhang stehen, wird Niemand zweifelhaft sein. Dennoch wird es noch zahlreicher Untersuchungen bedürfen, ehe jener Zusammenhang vollkommen zu übersehen ist.

Obwohl die Anschauungen, welche, vor mehr als dreissig Jahren

---

[1]) Arch. f. d. ges. Physiol. VII. p. 363. 1873. — Diese Polarisation ist natürlich auch dann vorhanden, wenn der Demarcationsstrom nicht abgeleitet oder sein nach aussen geleiteter Stromzweig durch einen Gegenstrom compensirt ist; im letzteren Fall verhält sich der Nerv nach dem Bosscha'schen Princip, als wenn ihm kein ableitender Bogen angelegt wäre; vgl. oben S. 124, ferner Arch. f. d. ges. Physiol. IX. p. 29. 1874; X. p. 237. 1875.

[2]) In Fig. 8 ist der Kern der Nervenfaser schräg schraffirt. Schon ohne Kernpolarisation würde der Demarcationsstrom sich in ähnlicher Weise ausbreiten, wie es die Figur veranschaulicht, so dass die angelegten Galvanometerbögen G und G' die sog. schwachen Längs- und Querschnittsströme du Bois-Reymond's empfangen. Durch die Polarisation geschieht aber die Ausbreitung längs des Kernes sehr viel weiter und es entsteht zugleich die Polarisationscurve PP'.

auf Grund der damals bekannten Thatsachen herangebildet, unsern erweiterten Kenntnissen gegenüber vollständig haben weichen müssen, hat das Gebiet der thierischen Elektricität an physiologischem Interesse nur gewonnen; und die Verdienste des Mannes, welcher dieses Gebiet gleichsam entdeckt, seine Methodik geschaffen, seine Grundthatsachen gefunden hat, werden durch veränderte Deutung nicht im mindesten erschüttert.

Nachträglicher Zusatz zu Seite 137.

Neuerdings ist es mir geglückt, den doppelsinnigen phasischen Actionsstrom zwischen zwei Längsschnittspunkten des Nerven darzustellen. Man muss dazu die Leitung im Nerven durch Abkühlung stark verlangsamen, die Strecke zwischen beiden Ableitungspunkten möglichst lang nehmen, und zur Verminderung des Widerstands an einem Bündel von 4—6 Nerven experimentiren. Der Versuch gelingt dann mit vollkommener Sicherheit.

VII.

Versuche über die Anwendung der künstlichen Ischämie.

Von Dr. **S. Fubini,**

unter Mitwirkung des Herrn Stud. med. *Bono* angestellt.

„Ganze Glieder anämisch machen und sie in diesem Zustande einige Zeit erhalten zu können, ist einer der glänzendsten Siege der modernen Chirurgie. Diesen riesigen Fortschritt verdankt die chirurgische Technik dem Dr. Grandesso Silvestri in Vicenza; doch fast gleichzeitig mit dem italienischen Chirurgen und ohne dessen Entdeckung zu kennen, erreichte Esmarch dasselbe Ziel, begriff die ganze Wichtigkeit desselben, hob dessen Nutzen hervor und verschaffte ihm allgemeineren Eingang“ [1].

Nicht minder, als den Kliniker, interessirt dieses neue Verfahren der chirurgischen Technik den Physiologen, dem hiemit der Weg angebahnt ist, um den Einfluss der verminderten Blutzufuhr auf die Verrichtungen einiger Körperprovinzen zu erforschen.

Die Person, an der wir unsere Beobachtungen angestellt haben, ist ein kräftiger junger Mann von etwa 20 Jahren, der sich dem Studium der Medicin widmet.

Die Versuche wurden an den oberen Extremitäten ausgeführt.

Die künstliche Anämie wurde mittelst einer in engen Cirkeltouren von den Köpfen der Mittelhandknochen an bis zum unteren Drittel

[1] Bottini: *Uno sguardo sui recenti progressi della chirurgia.* Torino, 1878.

des Oberarms hinaufgeführten elastischen Binde erzeugt. Sodann wurde der Oberarm am Endpunkte der Binde mit einem Gummirohre umschnürt, und späterhin die Hand und der Vorderarm von der Binde befreit.

Die Venen der Hand und des Vorderarmes schimmerten blutleer durch die Haut durch; der Radialpuls war unfühlbar, die Haut blass, die Nägel bläulich geworden.

In den ersten Augenblicken konnte der Zustand der Ischämie leicht ertragen werden; doch nach etwa 10 Minuten stellte sich ein Gefühl von Müdigkeit ein; nach einiger Zeit wurde die willkührliche Streckung der Finger unmöglich; die lästige Empfindung nahm nach und nach zu, bis endlich der dem Versuche unterworfene junge Mann, wiewohl er möglichst lange in diesem Zustande auszuharren sich bestrebte, das Verlangen nach Befreiung äussern musste.

Bei den ersten Versuchen konnte die künstliche Ischämie nicht über 15 Minuten ertragen werden; später machte sich eine grössere Toleranz bemerklich, und konnte sich der Versuch bis auf 35, ja ausnahmsweise bis auf 45 Minuten erstrecken.

Nach Entfernung des Gummirohres erfolgte binnen wenigen Secunden eine lebhafte Röthung der Haut, und oft schon nach 3 oder 5 Secunden konnte man die Pulswelle an der Radialarterie wahrnehmen.

Auf Grund wiederholter Beobachtungen dürfen wir behaupten, dass häufig 15′ und mehr verstreichen, bevor der Radialpuls, nach einer etwa halbstündigen Unterdrückung des Blutlaufes, die ursprüngliche Beschaffenheit wieder erlangt hat.

Wurden während der Ischämie seichte Nadelstiche am blutleeren Gliede gemacht, so sah man aus denselben 4—5″ nach Herstellung des Blutlaufes, Bluttröpfchen hervorquellen.

Das Volumen des Vorderarmes und der Hand erscheinen während der Ischämie vermindert, und wir hatten bereits diesbezügliche Messungen ausgeführt, als Prof. Mosso [1]), in einer Arbeit über die localen

[1]) Mosso: *Sulle variazioni locali del polso nell' antibraccio dell' uomo*, 1878.

Veränderungen des Pulses, neben vielen anderen wichtigen Mittheilungen auch in dieser Richtung einige Beobachtungen bekannt machte.

Bei unseren Versuchen über diesen Gegenstand wurden Hand und Vorderarm in den nämlichen Glasbehälter eingeführt, der uns bei unseren Studien über die Kohlensäure-Ausscheidung durch die menschliche Haut gedient hatte [1]). Derselbe ist 50 Centim. lang und hat an einem Ende eine breite Oeffnung, durch welche man leicht die Hand und den Vorderarm einführen kann; am anderen Ende geht er in ein dünnes Glasrohr über, das sich hinauf krümmt und bis zum oberen Niveau des Behälters reicht. Ein den Oberarm und die weite Mündung des Behälters umfassender Cautschuk-Aermel dient zum luftdichten Verschlusse der letzteren.

Im mittleren Theile des Glas-Recipienten findet sich eine Oeffnung, durch welche man Wasser eingiessen kann. Wir bedienten uns bei unseren Versuchen eines Wassers von 30—35° C.

Nachdem die Hand und der Vorderarm in blutleeren Zustand versetzt worden sind, werden sie in den Behälter eingeführt; letzterer wird in horizontaler Richtung gehalten.

Nach Anfüllung des Behälters mit Wasser wird der ischämische Zustand durch Abnahme des Cautschukrohres aufgehoben; das Blut dringt in das Glied ein, und aus der engen Mündung des Cylinders fliesst ein der Menge des einströmenden Blutes entsprechendes Volumen Wasser aus.

Wir pflegten ferner die Messung noch in folgender Weise zu wiederholen.

Nach Einführung des ischämischen Vorderarmes in den Glascylinder wurde genau die Wassermenge bestimmt, welche zur vollständigen Füllung des Behälters nöthig war. Dieselbe Bestimmung wurde später an demselben Vorderarme unter normalen Bedingungen wiederholt. Die Differenz zwischen den in beiden Fällen zur Füllung des Recipienten nöthigen Wassermengen ergab die Differenz zwischen dem Volumen des Vorderarmes im normalen und ischämischen Zustande.

[1]) Fubini u. Ronchi: Ueber die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen, im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 5—7.

Aus einer Reihe derartiger Versuche, die an beiden Vorderarmen unseres Mitarbeiters angestellt worden waren, ergab sich für diese Differenz ein Mittelwerth von 62 Cubc. Wasser von 30—35° C.

Zur Bestimmung der Temperatur-Abnahme, die in dem ischämischen Gliede stattfindet, haben wir uns folgenden Verfahrens bedient.

Zunächst wurde im normalen Zustande die Temperatur der Hohlhand (nach sorgfältiger Abwischung des Schweisses) gemessen. Darauf wurde die Ischämie hervorgebracht. Dasselbe Thermometer wurde dann in die ischämische Hohlhand genommen und die Temperatur, so lange die Ischämie dauerte, alle 10′ abgelesen und verzeichnet. Aus den gewonnenen Zahlen wurde das Mittel gezogen, welches als maassgebend für die Schätzung der Wärmeabnahme betrachtet werden durfte.

Tafel I.

Verhalten der Temperatur derselben Hohlhand im normalen Zustande und während der Ischämie.

Versuchstag.	Ordnungszahl der Versuche.	Temperatur der Hohlhand im normalen Zustande.	Mittlere Temperatur der ischämischen Hohlhand.	Unterschied der Temperatur.
1877 — 1. November	I.	37°,4	32°,6	4°,8
„ 2. „	II.	37 ,4	32 ,7	4 ,7
„ 4. „	III.	37 ,4	33 ,4	4 ,0
„ 6. „	IV.	37 ,4	33 ,0	4 ,4
„ 7. „	V.	37 ,1	33 ,6	3 ,5
„ 9. „	VI.	36 ,9	32 ,9	4 ,0
„ 10. „	VII.	37 ,0	32 ,8	4 ,2
„ 11. „	VIII.	37 ,3	33 ,1	4 ,2
„ 15. „	IX.	37 ,6	32 ,8	4 ,8
„ 16. „	X.	37 ,4	32 ,6	4 ,8
„ 17. „	XI.	37 ,3	33 ,2	4 ,1
„ 18. „	XII.	36 ,9	33 ,9	3 ,0
„ 19. „	XIII.	37 ,2	33 ,8	3 ,4
„ 21. „	XIV.	37 ,4	33 ,0	4 ,4
„ 22. „	XV.	37 ,0	33 ,3	3 ,7
„ 23. „	XVI.	36 ,6	32 ,4	4 ,2
Mittelwerthe		37°,2	33°,07	4°,15

Man ersieht aus diesen Beobachtungen, dass wenn der Vorderarm und die Hand etwa eine halbe Stunde hindurch im Zustande der Ischämie erhalten werden, das Thermometer in der betreffenden Hohlhand eine um etwa 4° C. niedrigere Temperatur ergiebt, als im normalen Zustande.

Mit der Fortdauer der Ischämie sieht man die Temperatur nach und nach sinken.

Es schien uns nun von Interesse, zu ermitteln, welchen Einfluss die Ischämie der einen Extremität auf die Temperatur der entsprechenden, im normalen Zustande verbleibenden Extremität der anderen Körperseite äussern mag.

Wir wählten zu diesem Behufe zwei Thermometer von möglichst gleichem Durchmesser und deren Scala vorher sehr sorgfältig verglichen worden war.

Zunächst wurde die Temperatur beider Hohlhände im normalen Zustande gemessen; darauf brachten wir in der einen Extremität Ischämie hervor, und stellten sodann an beiden Hohlhänden vergleichende Temperaturmessungen an.

Nach Aufhören der Ischämie wurden die Temperaturen noch eine Zeit lang fortgemessen, und es zeigte sich, dass mitunter mehr als 50′ verstreichen mussten, bevor sich auf der einen oder auf der anderen Seite die ursprüngliche Temperatur herstellte.

Tafel II.

Verhältniss zwischen der Temperatur einer ischämischen Hohlhand und der der anderen, im normalen Zustande befindlichen Hohlhand.

A.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm).					
	Temperatur der rechten Hohlhand			Temperatur der linken Hohlhand		
	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.
1. März 1878	37°,2		2′—32°,6	37°,4		2′—37°,3
		5′—33°,6	5′—35 ,6		5′—37°,5	5′—37 ,1
		10′—32 ,6	7′—36 ,4		10′—37 ,5	7′—37 ,0
		15′—31 ,6	10′—36 ,6		15′—37 ,5	10′—36 ,8
		20′—30 ,5	15′—36 ,8		20′—37 ,5	15′—36 ,7
		25′—29 ,7	20′—36 ,9		25′—37 ,5	20′—36 ,8
			25′—37 ,0			25′—36 ,9
			30′—37 ,2			30′—37 ,1

Verhältniss zwischen der Temperatur einer ischämischen Hohlhand und der der anderen, im normalen Zustande befindlichen Hand.

B.

Versuchstag.	Ischämie der linken oberen Extremität.					
	Temperatur der rechten Hohlhand			Temperatur der linken Hohlhand		
	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.
5. März 1878	37°,1		2′—36°,6	37°,2	5′—33°,2	2′—35°
		5′—37°,1	7′—36 ,2		10′—32 ,7	7′—36 ,0
		10′—37 ,2	12′—35 ,8		15′—31 ,7	12′—36 ,3
		15′—37 ,3	17′—35 ,4		20′—30 ,3	17′—36 ,4
		20′—37 ,3	20′—35 ,7			20′—36 ,4
			25′—35 ,9			25′—36 ,8
			30′—36 ,0			30′—37 ,0
			35′—36 ,5			35′—37 ,1
			40′—36 ,8			40′—37 ,1
			45′—37 ,0			45′—37 ,2

Verhältniss zwischen der Temperatur einer ischämischen Hohlhand und der der anderen, im normalen Zustande befindlichen Hand.

C.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität.					
	Temperatur der rechten Hohlhand			Temperatur der linken Hohlhand		
	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.
11. März 1878	36°,2		3′—29°,8	36°,0		3′—35°,9
		5′—31°,4	5′—30 ,6		5′—36°,0	5′—35 ,5
		10′—31 ,0	10′—30 ,6		10′—36 ,2	10′—35 ,0
		15′—30 ,2	15′—30 ,8		15′—36 ,2	15′—34 ,8
		20′—30 ,1	20′—31 ,2		20′—36 ,2	20′—34 ,1
		25′—29 ,8	25′—31 ,6		25′—36 ,2	25′—33 ,4
			35′—32 ,2			35′—33 ,8
			40′—33 ,0			40′—34 ,2
			45′—33 ,8			45′—35 ,0
			50′—35 ,2			50′—36 ,0

Verhältniss zwischen der Temperatur einer ischämischen Hohlhand und der der anderen, im normalen Zustande befindlichen Hand.

D.

Versuchstag.	Ischämie der linken oberen Extremität.					
	Temperatur der rechten Hohlhand			Temperatur der linken Hohlhand		
	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.	vor der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten während der Ischämie.	zu verschiedenen Minuten nach Aufhören d. Ischämie.
15. März 1878	35°,5		2′—35°,7	35°,4		2′—29°,4
		5′—35°,5	4′—35 ,2		5′—31°,0	4′—31 ,0
		10′—35 ,7	10′—34 ,3		10′—30 ,1	10′—31 ,0
		15′—35 ,7	15′—34 ,0		15′—29 ,3	15′—32 ,1
		20′—35 ,7	20′—33 ,5		20′—28 ,3	20′—32 ,4
		25′—35 ,7	30′—32 ,9		25′—28 ,2	30′—33 ,1
			40′—33 ,1			40′—33 ,7
			45′—33 ,4			45′—34 ,4
			50′—34 ,5			50′—35 ,2

Wie aus diesen Tabellen ersichtlich, giebt es während der Ischämie einer Extremität eine Temperaturerhöhung um 0,1—0,2° C. in dem entsprechenden Gliede der anderen Körperseite, wogegen auf der ischämischen Seite, die Temperatur in fortschreitendem Sinken begriffen ist, das nach 25′ den Werth von 7° C. erreichen kann.

Nach Aufhören der Ischämie sieht man in dem Gliede, wo sie bestanden hat, die Temperatur allmälig ansteigen; und umgekehrt, auf der unberührten Seite, ereignet sich nach dem Aufhören der Ischämie eine Erniedrigung der Temperatur, und zwar bis um 3 oder 4° C.

Danach ist beinahe die Annahme erlaubt, dass, wenn das Blut aus einer Extremität verdrängt wird, es dem entsprechenden Gliede der anderen Körperseite zufliesst, und dass nach Aufhören der Ischämie die Rückkehr des Blutes vorzüglich auf Kosten des entsprechenden Gliedes der anderen Körperseite geschieht.

Die Frage über den Einfluss des Blutlaufes auf die Empfindlichkeit ist für die Physiologen Gegenstand speciellen Interesses gewesen. Swammerdam und Stenson, Stenonis, Legallois, Spallanzani, Schiff, Brown-Séquard und viele andere haben über dieses höchst wichtige Thema Versuche an Thieren verschiedener Klassen angestellt; da aber bisher nur wenige Versuche in dieser Richtung am Menschen haben ausgeführt werden können, so schien es uns lohnend, die künstliche Anämie in Anwendung zu bringen, um einige Empfindlichkeits-Erscheinungen am Menschen zu studiren.

So haben wir an ischämischen Gliedern die Empfindlichkeit für den Berührungsreiz, für Schmerz und für den thermischen Reiz geprüft.

Zu Beobachtungen über die Tast-Empfindlichkeit bedient man sich allgemein des Siewking'schen Aesthesiometers.

Manouvriez [1]) brachte an demselben eine passende Modification an, indem er die Arme seines Instrumentes mit isolirten Elfenbeinspitzen versah.

Zu unseren Versuchen liessen wir einen dem Siewking'schen

[1]) Manouvriez: *Nouvel Aesthésiomètre à pointes isolantes* in: Archives de physiologie normale et pathologique, 1876, p. 756—64.

ähnlichen Tastzirkel construiren, dessen Arme in knöcherne, sorgfältig geglättete und vollkommen aneinander passende Spitzen ausliefen.

Man konnte an diesem Aesthesiometer sehr leicht eine Spitzenentfernung von $^1/_2$ Millim. ablesen. Seine Länge war 20 Centim.; doch konnte er in der Mitte gebeugt werden, so dass er ein bequemes Tascheninstrument darstellte.

Zur Prüfung der Contact-Empfindlichkeit pflegten wir die Spitzen nur wenige Secunden mit der Haut in Berührung zu halten, und zwar parallel der Längsachse des Gliedes. Dabei suchten wir die Application mit möglichst gleichem Drucke zu bewerkstelligen, um sicherer unter einander vergleichbare Zahlen zu erhalten.

Zur Orientirung unterscheiden wir am Vorderarme, in seinen zwei oberen Dritteln und im unteren, eine vordere und eine hintere Gegend; und an der Hand eine Dorsal- und eine Volarfläche.

Um den möglichen Einfluss der Angewöhnung (Erziehung) auf die Tast-Empfindlichkeit der geprüften Körpergegend auszuschliessen, pflegten wir die Versuche mit mehrtägigen Zwischenpausen anzustellen.

Tafel III.

Einfluss der Ischämie auf die Tast-Empfindlichkeit.

A.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm).			Bemerkungen.
	Dauer der Ischämie in Minuten.	Minimal-Abstand, bei welchem noch die Berührung zweier Punkte wahrgenommen wird, in Millimetern ausgedrückt.		
		Vordere Gegend des Vorderarmes.		
		Obere $^2/_3$	Unteres $^1/_3$	
5. November 1877	12′		24 Millim.	
	13	35 Millim.		
	18	40 „		
	19		45 „	
	20	40 „		
	22		50 „	
	24	55 „		
	26		60 „	
	27	55 „		
	28		70 „	
	29	65 „		
	30		Anæsthesie	
	32	70 „		

Einfluss der Ischämie auf die Tast-Empfindlichkeit.

B.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm). Dauer der Ischämie in Minuten.	Minimal-Abstand, bei welchem noch die Berührung zweier Punkte wahrgenommen wird, in Millimetern ausgedrückt. Hintere Gegend des Vorderarmes. Obere 2/3	Unteres 1/3	Bemerkungen.
11. Novemb. 1877	3′	20 Millim.		
	4		12 Millim.	
	6	30 „		
	8		12 „	
	10	35 „		
	13		13 „	
	15	40 „		
	18		20 „	
	19	50 „		
	20		25 „	
	21	60 „		
	23		Anæsthesie	
	24	60 „		
	27		Id.	
	28	65 „		

Einfluss der Ischämie auf die Tast-Empfindlichkeit.

C.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm). Dauer der Ischämie in Minuten.	Minimal-Abstand, bei welchem noch die Berührung zweier Punkte wahrgenommen wird, in Millimetern ausgedrückt. Dorsalseite der Hand. Handrücken.	Phalangen.	Bemerkungen.
20. Novemb. 1877	2′	15 Millim.		
	4		10 Millim.	
	5	20 „		
	8		13 „	
	10	22 „		
	12		15 „	
	13	22 „		
	16	25 „		
	18		15 „	
	19	30 „		
	22		20 „	
	27	50 „		
	28		Anæsthesie	
	29	60 „		
	30	60 „		

Einfluss der Ischämie auf die Tast-Empfindlichkeit.

D.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm). Dauer der Ischämie in Minuten.	Minimal-Abstand, bei welchem noch die Berührung zweier Punkte wahrgenommen wird, in Millimetern ausgedrückt. Volargegend der Hand. Handteller.	Phalangen.	Bemerkungen.
24. Decemb. 1877	5′	5 Millim.		
	8		4 Millim.	
	10	7 „		
	11		4 „	
	12	7 „		
	14		5 „	
	16		8 „	
	17	8 „		
	19		8 „	
	20	9 „		
	23		Anæsthesie	
	24	12 „		
	25		Id.	
	26	19 „		
	27		Id.	
	28	23 „		

Es ergiebt sich aus diesen Versuchen, dass die Feinheit der Berührungs-Empfindlichkeit nach und nach mit der Fortdauer der Ischämie abnimmt. Nachdem diese etwa 25′ bestanden, macht sich an einigen Stellen eine tactile Anæsthesie bemerklich, welche jedesmal rascher an den peripherischen Theilen der Extremität eintritt, als an den centralen.

Die von Lombroso[1]) vorgeschlagene und von Bernhardt[2]) befolgte algometrische Methode giebt das passendste Mittel zur Messung der Schmerz-Empfindlichkeit ab.

Wir bedienten uns zu diesem Zwecke der Inductionsströme, und zwar aus einem du Bois'schen Schlitten-Apparate, der durch eine Grove'sche Säule in Thätigkeit gesetzt war.

Die Leiter endigten mit Stecknadelköpfen mit gegenseitiger Entfernung von 3 Millimeter.

---

[1]) Lombroso: *Algometria elettrica nell' uomo sano ed alienato.* Milano 1867.

[2]) Bernhardt: *Die Sensibilitätsverhältnisse der Haut.* Berlin 1874.

Der grössere oder geringere Abstand der primären Rolle von der secundären, welcher erforderlich war, damit Schmerz empfunden würde, diente als algometrisches Maass.

Tafel IV.

Schmerz-Empfindlichkeit für elektrischen Reiz.

A.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm).			Bemerkungen.
	Dauer der Ischämie in Minuten.	Rollen-Abstand, bei welchem das Schmerzgefühl beginnt. Vordere Gegend		
		des Vorderarmes.	der Hand.	
18. Januar 1878	3′	5 Centim.		
	5		5 Centim.	
	6	5,5 „		
	10		5 „	
	13	5 „		
	16		4 „	
	20	5 „		
	22		4 „	
	24	5 „		
	26		3,5 „	
	28	4,5 „		
	29		2 „	
	31		2 „	Der Verband konnte nicht mehr ertragen werden.

Schmerz-Empfindlichkeit für elektrischen Reiz.

B.

Versuchstag.	Ischämie der rechten oberen Extremität (Hand und Vorderarm).			Bemerkungen.
	Dauer der Ischämie in Minuten.	Rollen-Abstand, bei welchem das Schmerzgefühl beginnt. Hintere Gegend		
		des Vorderarms.	der Hand.	
20. Januar 1878	2′	5 Centim.		
	4		5 Centim.	
	7	5,5 „		
	10		5 „	
	11	5,5 „		
	13		4 „	
	14	5,5 „		
	16		4 „	
	19	5,5 „		
	22		0 „	
	23	4,5 „		
	25		Analgesie.	

Schmerz-Empfindlichkeit für elektrischen Reiz.

C.

Versuchstag.	Ischämie der linken oberen Extremität (Hand und Vorderarm).			
	Dauer der Ischämie in Minuten.	Rollen-Abstand, bei welchem das Schmerzgefühl beginnt. Vordere Gegend		Bemerkungen.
		des Vorderarms.	der Hand.	
27. Januar 1878	4'	6 Centim.		
	6		4 Centim.	
	8	5 „		
	9		4,5 „	
	11	5 „		
	12		4 „	
	14		3,5 „	
	16	5 „		
	19		3,5 „	
	20	5 „		
	22		2 „	
	24	5 „		
	25		0,5 „	
	27	5 „		
	29		Analgesie.	

Schmerz-Empfindlichkeit für elektrischen Reiz.

D.

Versuchstag.	Ischämie der linken oberen Extremität (Hand und Vorderarm).			
	Dauer der Ischämie in Minuten.	Rollen-Abstand, bei welchem das Schmerzgefühl beginnt. Hintere Gegend		Bemerkungen.
		des Vorderarms.	der Hand.	
2. Februar 1878	4'	3,5 Centim.		
	6		3 Centim.	
	8	3,5 „		
	11		3,5 „	
	12		3 „	
	16	4,5 „		
	18		3 „	
	20		2 „	
	22	4,5 „		
	25		1 „	
	26		0 „	
	27	3,5 „		
	31		Analgesie.	
	32	3,5 „		

Auch für die schmerzhafte Erregung bestätigt sich also dasselbe, was wir in Betreff der Berührungs-Empfindung gesehen haben: während der künstlichen Ischämie stellt sich die Unempfindlichkeit früher in der Peripherie als im centralen Theile der Nerven ein.

Bei den Versuchen über thermische Empfindlichkeit bedienten wir uns des folgenden Verfahrens.

Zwei Probirgläschen werden mit Wasser von verschiedener Temperatur gefüllt. Hierauf werden sie mit Cautschuk - Pfröpfen geschlossen, durch welche eine Thermometerkugel durchgesteckt ist, die in die Flüssigkeit eintaucht.

Auf diese Weise hat man ein Maass für die Temperatur des in den Probirgläschen enthaltenen Wassers.

Zur Prüfung der thermischen Empfindlichkeit werden die verschiedenen Theile der Haut, an welchen man experimentiren will, mit den Wänden der Gläschen berührt.

Es fand sich, dass während der künstlichen Ischämie die Empfindlichkeit für thermische Erregung noch an den Punkten erhalten ist, an welchen bereits tactile Anæsthesie und Analgesie eingetreten sind; und es gelang uns wiederholt der Nachweis, dass solche Hautstellen noch Temperatur - Unterschiede von 4—5° wahrzunehmen im Stande waren.

Wie lange die Fähigkeit, Temperaturdifferenzen zu empfinden, bei ischämischem Zustande der Hand und des Vorderarmes erhalten bleibe, vermögen wir nicht anzugeben, da in den wenigen Fällen, in welchen die Ischämie 40—45′ ertragen wurde, die Empfänglichkeit für thermische Eindrücke noch nicht gänzlich erloschen war.

Nachdem die Hand und der Vorderarm 25—30′ im Zustande der Ischämie verblieben waren, zeigte sich die Extremität so ermattet, dass sie keiner nur einigermassen erheblichen Muskel - Anstrengung fähig war.

Um einige Auskunft über den Einfluss der Ischämie eines Kör-

pertheiles auf dessen musculäre Leistungsfähigkeit zu gewinnen, machten wir Versuche 20 Minuten nach dem Beginne der Ischämie.

Die Compressionskraft der geprüften Extremität wurde mittelst des Regnier'schen Dynamometers bestimmt. Nach Einleitung der Ischämie wurde die Bestimmung mit demselben Instrumente und in derselben Stellung wie zuvor wiederholt.

Tafel V.

Dynamometrie durch Compression vor der Ischämie und 20′ nach dem Beginne derselben.

Ordnungszahl der Versuche.	Vor der Ischämie.	20′ nach Beginn der Ischämie.	Differenz in Kilogrammen.
I.	35 Kg.	18 Kg.	17
II.	30 „	15 „	15
III.	31 „	23 „	8
IV.	34 „	12 „	22
V.	31 „	12 „	19
VI.	31 „	18 „	13
VII.	35 „	24 „	11
VIII.	32 „	18 „	14
IX.	33 „	11 „	22
X.	30 „	22 „	8
XI.	31 „	18 „	13
XII.	31 „	17 „	14
XIII.	40 „	18 „	22
XIV.	32 „	20 „	12
Mittelwerthe	32,57 Kg.	17,57 Kg.	15

Nachdem die Ischämie der Hand und des Vorderarmes 20 Minuten gedauert, ist die musculäre Leistungsfähigkeit der Extremität, wie aus obiger Tafel ersichtlich, beinahe auf die Hälfte ihres ursprünglichen Werthes gesunken.

Bedenken wir ferner, dass nach 30—35 Minuten die Bewegung der Finger kaum möglich wird, so müssen wir erkennen, dass der Verlust der Leistungsfähigkeit in der ischämischen Extremität sehr rasch fortschreitet.

Oertmann [1]) hat neulich im Pflüger'schen Laboratorium vergleichende Untersuchungen über die zur CO_2-Bildung führenden Vorgänge des Stoffwechsels einerseits an unversehrten Fröschen und andererseits an solchen, bei welchen das Blut (nach der Methode von Cohnheim) durch eine $^3/_4$ procentige Kochsalz-Lösung ersetzt worden war, angestellt.

Er fand dabei keinen erheblichen Unterschied, und schliesst daraus, dass nur die Gewebe, nicht das Blut den Sitz der Oxydationsvorgänge abgeben. Diesen wichtigen physiologischen Grundsatz hatte bereits Moleschott [2]) vor vielen Jahren betont, indem er zeigte, dass die Oxydation für die Bildung vieler und sehr verbreiteter Gewebsbildner, insbesondere der leimgebenden Substanzen, mancher Hornstoffe (Epidermis), des Mucins, unerlässlich sei.

Wir stellten eine Reihe von Beobachtungen an, um den Einfluss zu ermitteln, welchen der ischämische Zustand der Hand und des Vorderarmes auf die Kohlensäure-Ausscheidung durch die Haut ausübt.

Wir befolgten dabei dasselbe Verfahren, wie ehemals bei den im Verein mit Dr. Ronchi angestellten Untersuchungen.

Da bei unserem Subjecte die Ischämie nicht länger als 40′ ertragen wurde, so mussten wir unsere Versuche über die Kohlensäure-Ausscheidung auf die Dauer einer halben Stunde beschränken.

Zuerst wurde die Kohlensäure-Ausscheidung der Hand und des Vorderarmes unter normalen Bedingungen ermittelt, und sodann die gleiche Prüfung im Zustande der Ischämie wiederholt.

---

[1]) Oertmann: *Ueber den Stoffwechsel entbluteter Frösche* in Pflüger's Archiv, XV.

[2]) Jac. Moleschott: *Physiologie des Stoffwechsels*, Erlangen 1851, S. 375, und *Kreislauf des Lebens*, 1. Auflage, Mainz 1852, S. 116, 117, und 5. Auflage, Mainz 1877, S. 124—131.

Tafel VI.

Vergleichende Untersuchungen über die Kohlensäure-Ausscheidung der Hand und des Vorderarmes unter normalen Bedingungen und bei künstlicher Ischämie.

Versuchstag.	Vorderarm und Hand unter normalen Bedingungen.		Vorderarm und Hand im Zustande der künstlichen Ischämie.	
	Temperatur des Behälters, worin Hand und Vorderarm eingeschlossen waren.	CO_2 in Milligr. auf 24 Stunden berechnet.	Temperatur des Behälters, worin Hand und Vorderarm eingeschlossen waren.	CO_2 in Milligr. auf 24 Stunden berechnet.
27. August 1878	27° C.	418	26°,8 C.	367
2. Septbr. „	27 ,3 „	562	27 ,0 „	338
6. „ „	28 „	792	27 ,4 „	497
8. „ „	28 „	780	27 ,0 „	418
14. „ „	28 ,6 „	887	28 ,0 „	686
16. „ „	28 „	854	27 ,5 „	637
24. „ „	27 „	598	26 ,5 „	266
26. „ „	27 „	340	26 ,0 „	317
Mittelwerthe	27°,6 C.	654	27°,2 C.	441

Wie man aus dieser Tabelle ersieht, giebt es einen bedeutenden Unterschied zwischen der Kohlensäuremenge, die von der Extremität einerseits unter normalen Bedingungen, andrerseits im Zustande der Ischämie ausgeschieden wird: und zwar verhalten sich die CO_2-Mengen in beiden Fällen zu einander, wie 148 : 100.

Will man also auch annehmen, dass die Vorgänge des Stoffwechsels, die mit der Bildung von Kohlensäure abschliessen, nur in den Geweben stattfinden, so muss man doch erkennen, dass dieselben wesentlich begünstigt werden, wenn das Blut die Gewebe durchströmt, eine Thatsache, die wir in vielfacher Weise durch unsere Untersuchungen über die Kohlensäure-Perspiration dargethan haben.

Die Ergebnisse unserer Arbeit können wir in folgenden Schlusssätzen zusammenfassen:

I. Die durch den Silvestri-Esmarch'schen Verband in den Zustand der Ischämie versetzte Hand und Vorderarm zeigen im Ver-

gleiche zu ihrem normalen Zustande eine Abnahme des Volumens, die bei unserer Versuchsperson im Mittel 62 Cub.-Centim. Wasser von 30—35° C. betrug.

II. Die Ischämie der Extremität konnte 30—35′, ausnahmsweise bis 45′ ertragen werden.

III. Die Wärme-Abnahme der in Ischämie versetzten Extremität (Hand und Vorderarm) kann im Mittel auf etwa 4° C. angeschlagen werden.

IV. Mit der Fortdauer der Ischämie sinkt die Temperatur der Extremität immer mehr, so dass sie nach 25′ bis um 7° C. abnehmen kann. Dagegen findet in der freigelassenen entsprechenden Extremität der anderen Körperseite eine Temperatur-Erhöhung um etwa 0,1—0,2° C. statt.

Nach Aufhören der Ischämie sinkt die Temperatur der freien Extremität bis um 3° oder 4° C., während umgekehrt die Temperatur der ischämisch gewesenen Extremität ansteigt und nach etwa 50′ auf die ursprüngliche Höhe zurückkehrt.

V. Die ischämische Extremität verliert rasch ihre Tast- und Schmerzempfindlichkeit, weniger geschwind das Vermögen Temperatur-Unterschiede wahrzunehmen; ja, die Ischämie konnte bei unserem Subjecte nicht lange genug fortgesetzt werden, um es bis zur völligen Unwirksamkeit der thermischen Reize bringen zu können.

VI. Die tactile Anæsthesie und die Analgesie erscheinen rascher an den peripherischen, als an den centralen Theilen des ischämischen Gliedes.

VII. Die Prüfung der Muskelkraft mittelst des Regnier'schen Dynamometers ergab, dass, nachdem die Ischämie 20′ gedauert, die musculüre Leistungsfähigkeit fast auf die Hälfte ihres ursprünglichen Werthes gesunken ist.

VIII. Im Zustande der Ischämie scheiden Hand und Vorderarm weniger Kohlensäure aus, als unter normalen Bedingungen und zwar im Verhältnisse von 100 : 148.

VIII.

Beiträge zur Physiologie des Parotisspeichels und des Schweisses

nach den mit Jaborandi-Extract

von Dr. S. Fubini, unter Mitwirkung des Herrn Stud. med. *Ansermino*

am Menschen angestellten Versuchen.

Sehr charakteristisch für unsere Zeit ist die Thatsache, dass sobald auf dem wissenschaftlichen Horizonte ein neuer Begriff auftaucht, wir in kürzester Zeit eine Reihe von Forschern mit experimentellen Studien darüber beschäftigt sehen. Das Jaborandi und dessen Alcaloid, das Pilocarpin, nachdem sie erst seit wenigen Jahren bekannt geworden, besitzen schon eine reichhaltige Literatur; die chemischen, physiologischen und klinischen Laboratorien haben sich ihrer bemeistert, um mit ihnen Versuche an verschiedenen Thierarten, Pferden, Rindern, Affen, Hunden, Katzen, Kaninchen, Fröschen, sowie am Menschen, im gesunden und im krankhaften Zustande anzustellen.

Die Zahl der Forscher, die das Jaborandi und das Pilocarpin zum Gegenstande ihrer Studien gemacht haben, ist bereits zu gross, um sie hier Alle zu nennen; wir erwähnen nur der Arbeiten von Coutinho, Vulpian, Robin, Hardy, Rabouteau, Rovida, Leyden, Carville, Bochefontaine, Curschmann, Pilicier, Weber, Federschmidt, Cantani, Langley, Kendall, Luchsinger, Tizzoni, Chiocconi, Nawrocki, Marmé, Popow, Gatezowski, Albertoni, Challand und Rabow, und übergehen viele andere, obgleich sie ebenfalls ihr Körnchen zur wissenschaftlichen Beleuchtung dieses Gegenstandes beigetragen haben.

Anfänglich mussten die Versuche mit dem Jaborandi-Infuse angestellt werden; später wandte man das Pilocarpin in syrupartigem Zustande oder in Verbindung mit Salpeter-, Salz- oder Schwefelsäure an.

Bei unseren Versuchen haben wir das syrupartige Jaborandi-Extract, wie es uns vom Apotheker Erba in Mailand zugekommen war, benutzt.

Dieses Extract löst sich leicht in einem Gemische von gleichen Theilen Glycerin und Wasser.

Wie es Challand und Rabow [1]) für das salzsaure Pilocarpin gefunden hatten, so fanden wir die subcutanen Injectionen von Jaborandi-Extract durchaus frei von jeder localen Reizwirkung; und schien uns der subcutane Weg der zweckmässigste zur Einführung des Pilocarpins in den Blutstrom.

Wir begannen unsere Versuche mit der Dosis von 1 oder 2 Centigr. Jaborandi-Extract. Nachdem aber die Injection von 2 Centigr. bei unserer Versuchsperson (einem 20jährigen jungen Manne, stud. chem.) ausser profusem Schweisse eine sehr lästige Empfindung in der Harnröhre und später Ohnmacht veranlasst hatte, wandten wir bei unseren späteren Versuchen nur 1 Centigr. Jaborandi-Extract, in der Mischung von Glycerin und Wasser gelöst, an.

Die Dosis wurde auf einer für $^1/_{10}$ Milligr. empfindlichen Wage abgewogen.

Alle Diejenigen, welche sorgfältig die physiologischen Wirkungen des Jaborandi und des Pilocarpins beobachtet haben, geben einstimmig an, dass diese Stoffe eine vermehrte secretorische Thätigkeit der Speichel- und Schweissdrüsen veranlassen; und von hohem Interesse ist, was wir heutzutage von der antagonistischen Wirkung des Pilocarpins und des Atropins wissen [2]).

Beschränkter ist dagegen die Zahl der Beobachter, die dem Pilo-

---

[1]) Challand et Rabow: *Quelques recherches sur le chlorhydrate de pilocarpine de Merk*, in den Bull. de la société médic. de la suisse romande, 1877.

[2]) Luchsinger: *Die Wirkungen von Pilocarpin und Atropin auf die Schweissdrüsen der Katze*, in Pflüger's Archiv, XV, p. 482.

carpin einen Einfluss auf die secretorische Thätigkeit der Thränen-, Ohrenschmalz-und Milchdrüsen und der Bronchialschleimhaut, sowie auf die peristaltische Bewegung des Darmes zuschreiben; und hier ist Marmé[1]) zu erwähnen, der über diesen Gegenstand fleissige Forschungen angestellt hat.

Ueber den Einfluss des Pilocarpins auf die Iris liegen Beobachtungen von Rovida, Gatezowski und Albertoni vor.

Nach Rovida veranlasst das Jaborandi-Infus zuweilen eine Erweiterung der Pupille, andere Male die entgegengesetzte Erscheinung[2]). Gatezowski[3]) erwähnt nur der durch Pilocarpin veranlassten Myosis. Endlich nach Albertoni[4]) bewirkt das Pilocarpin in einem ersten Stadium seiner Wirkung Myose und accommodativen Sehkrampf, und in einem zweiten, länger anhaltenden Stadium Mydriasis ohne Gesichtsstörung.

Doch giebt Albertoni selbst zu, dass weitere Versuche nöthig sind, damit die Wirkung des Pilocarpins auf die Iris wissenschaftlich festgestellt sei.

Was heut zu Tage als sicher durch physiologische und klinische Beobachtung dargethan gelten kann, das ist die Fähigkeit des Pilocarpins, eine vermehrte Secretion des Speichels und eine verstärkte hydrotische Thätigkeit der Haut zu veranlassen.

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist eben die quantitative Bestimmung des Einflusses, welchen das Jaborandi-Extract auf die Schweissabsonderung und auf die secretorische Thätigkeit der Ohrspeicheldrüse ausübt.

Das Subject, an welchem wir fast alle unsere Versuche angestellt haben, ist 20 Jahre alt; sein mittleres Körpergewicht ist 59 Kilogr.; die Körperhöhe Meter 1,70; er ist von kräftigem Körperbaue, erfreut sich einer guten Gesundheit und studirt Medicin.

---

[1]) Marmé: *Experimentelle Beiträge zur Wirkung des Pilocarpin.* Nachrichten der Königl. Gesellsch. d. Wissensch. zu Göttingen, 1878, Nr. 3.

[2]) Rovida: *Intorno all'azione del jaborandi, nell'Osservatore delle Cliniche,* 1875.

[3]) Gatezowski: *Gazette des Hôpiteaux,* 1877.

[4]) Albertoni: *Sull'azione della pilocarpina.* Padova 1878.

Einfluss des Jaborandi-Extractes auf die Absonderungsthätigkeit der Ohrspeicheldrüse.

Eine classische und, wie vielfach auch zu Rathe gezogen, doch bei den Schätzen genauer Beobachtung, die sie enthält, noch immer nicht häufig genug citirte Arbeit ist, unserer Ansicht nach, die von Oehl[1]) über den Speichel.

Bereits waren diesem Forscher Andere in dem Catheterismus des Ductus Stenonianus vorangegangen; doch gebührt erst ihm das Verdienst, rationelle Methoden zur Gewinnung eines reinen Speichels aus der Parotis, der Submaxillar- und der Sublingualdrüse angegeben zu haben.

Durch die von Oehl vorgeschriebenen Regeln geleitet, haben wir den Catheterismus des Stenon'schen Ganges auf beiden Seiten ohne Schwierigkeiten ausgeführt.

Der hierbei ausfliessende Speichel wurde unter genauer Zeit- und Mengen-Bestimmung (in einem graduirten Behälter) aufgefangen.

Während die Canüle im Stenon'schen Gange verblieb, wurde das in Wasser und Glycerin gelöste Jaborandi-Extract an einem oder an beiden Vorderarmen subcutan injicirt.

Sofort nach der Injection wurde das aus der Canüle ausfliessende Secret in einem anderen graduirten Behälter aufgefangen und dessen Menge alle 15′ bestimmt. Auf diese Weise konnte der Einfluss des Jaborandi-Extractes auf die Thätigkeit der Ohrspeicheldrüse genau gemessen werden.

Schon während der ersten Viertelstunde nach der Injection erscheint die Menge des aus der Drüse fliessenden Speichels vermehrt; doch die grösste Steigerung des Ausflusses ereignet sich im Laufe der zweiten Viertelstunde, worauf der Speichelfluss allmälig abnimmt, bis er auf das ursprüngliche Maass zurückgekehrt ist.

---

[1]) Oehl: *La saliva umana studiata colla siringazione dei condotti ghiandolari.* Pavia, 1864.

Menge des durch den Catheterismus des Stenon'schen Ganges gewonnenen Parotidenspeichels, in Cubik-Millimetern ausgedrückt.

Ordnungszahl der Versuche.	Versuchstag.	Binnen 30′ vor der Injection.	Binnen 30′ nach der Injection		
			in den ersten 15′.	in den weiteren 15′.	Zusammen binnen 30′.
I	14. Juli 1878	2 Cub.-Mill.	10	12	22 Cub.-Mill.
II	16. „ „	2 „	8	12	20 „
III	18. „ „	10 „	10	12	22 „
IV	25. „ „	12 „	20	60	80 „
V	30. „ „	6 „	20	24	44 „
VI	1. August 1878	6 „	14	18	32 „
VII	2. „ „	4 „	12	10	22 „
VIII	3. „ „	6 „	12	22	34 „
IX	5. „ „	3 „	14	20	34 „
X	6. „ „	8 „	16	32	48 „
	Mittelwerth	5,9		Mittelwerth	35,8

Die Menge des in den ersten 30′ nach der Injection des Jaborandi-Extractes von der Parotis gelieferten Speichels verhält sich also im Mittel, wie aus dieser Tabelle ersichtlich, zu der binnen gleicher Zeit unter normalen Bedingungen gelieferten Menge wie 35,8 : 5,9 d. h. wie **606 : 100.**

Bei der mit allen Cautelen angestellten Prüfung der Reaction des Parotiden-Speichels fand Oehl[1]) die des fliessenden Secrets neutral, die des aufgefangenen alkalisch. Doch fügt er die Bemerkung hinzu, die Reaction des Parotiden-Speichels sei so sehr veränderlich, dass es durchaus unmöglich sei zu entscheiden, ob die vorangegangene Mahlzeit oder die blosse Kaubewegung dieselbe alkalisch mache.

Robin[2]) sagt dagegen: der Parotidenspeichel sei constant alkalisch, und wenn Mitscherlich denselben beim Menschen, an den Rändern einer Fistel der Ohrspeicheldrüse, sauer gefunden, so rührte dieses von einer krankhaften Veränderung der Secretion her.

Kühne[3]) behauptet ebenfalls, der Parotiden-Speichel zeige stets

[1]) A. a. O., S. 36.

[2]) Robin: Leçons sur les humeurs du corps de l'homme, Paris 1867.

[3]) Kühne: Lehrbuch der physiologischen Chemie 1868. S. 14.

eine alkalische Reaction, und Hoppe-Seyler[1]) pflichtet ihm darin bei.

Astaschewsky[2]) veröffentlichte vor wenigen Monaten eine Arbeit über die Reaction des Parotidenspeichels, die er an 16 Individuen geprüft hatte. Er fand sie sauer, besonders in den ersten 2 Stunden nach der Mahlzeit.

Ohne auch nur eine der Cautelen zu vergessen, die bei genauen Untersuchungen über die Reaction erforderlich sind, haben wir den Parotidenspeichel unseres Freundes unter verschiedenen Bedingungen geprüft: sowohl in nüchternem Zustande, nach 18—20stündiger Nahrungsenthaltung, als nach der Mahlzeit, und in letzterem Falle sowohl nach ausschliesslicher, gar bis 8 Tage eingehaltener pflanzlicher Kost, als nach animalischer und nach gemischter.

Unter allen diesen Verhältnissen, sowohl vor als nach der Injection von Pilocarpin, fanden wir die Reaction des Parotidenspeichels sauer, gleichviel ob er opalisirend oder hell war.

Zur Prüfung der Reaction liessen wir einen Tropfen des aus der Canüle fliessenden Secrets auf ein Stück vorher mit Wasser befeuchteten Probirpapiers fallen, und sprachen uns über die Reaction erst dann aus, wenn das Papier vollkommen ausgetrocknet war.

Von Oehl's Schule aus sind mehrfache Arbeiten über den Speichel veröffentlicht worden, so namentlich von Sertoli und von Solera. Letzterer entdeckte die reducirende Wirkung des Speichels auf Jodsäure[3]).

Setzt man zu einem Cubik-Centimeter Parotidenspeichels einen Tropfen Jodsäure zu, so tritt gelbe Färbung wegen Freiwerden von Jod ein; und bringt man so behandelten Speichel mit Stärkekleister in Berührung, so zeigt sich an diesem in exquisiter Weise die characteristische blaue Färbung der Jodstärke.

---

[1]) Hoppe-Seyler, Traité d'analyse chimique appliquée à la physiologie et à la pathologie. Paris 1877. p. 451.

[2]) Astaschewsky. Reaction des Parotitsspeichels beim gesunden Menschen. Centralblatt 1878. N. 15.

[3]) Solera: *D'una particolare reazione della saliva;* in den Rendiconti del R. Istituto lombardo di scienze e lettere, 1877.

Nach den Untersuchungen von Solera hat es sich herausgestellt, dass diese Reaction durch das Rhodankalium bedingt wird.

Mittelst Jodsäure und Stärkekleister, sowie mittelst Eisenchlorid, liess sich an unserem Subjecte nachweisen, dass bei rein animalischer Kost der Rhodankalium-Gehalt des Parotidenspeichels grösser wird.

Die Oehl'sche Farbenscala diente uns als Maassstab, wenn wir Eisenchlorid benutzten.

Die grössere oder geringere Menge Jodsäure und frisch bereiteten Stärkekleisters, die man benutzen musste, um die Solera'sche Reaction zu erhalten, gab uns ein zweites Mittel zur Prüfung des Rhodankalium-Gehaltes ab und bestätigte dessen Vermehrung bei rein animalischer Kost. Unsere diesbezügliche Beobachtung stimmt mit der früheren von Oehl überein [1]).

Es schien uns ferner von Interesse die Zeit genau zu bestimmen, binnen welcher die subcutane Injection des Jaborandi-Extractes ihren Einfluss auf die Parotis entfaltet.

Um darüber sichere Auskunft zu gewinnen, griffen wir zur Methode der künstlichen Ischämie einer oberen Extremität, die wir bereits in Verein mit Herrn stud. med. Bono [2]) bei einigen anderweitigen Forschungen in Anwendung gezogen hatten.

Nach Einführung der Canüle in den Stenon'schen Gang massen wir die Speichelmenge, die z. B. binnen 30′ von der Parotis geliefert wurde.

Die Reaction des aus der Canüle fliessenden Parotisspeichels erschien sauer.

Sodann wurde an einem Vorderarme ein Centigramm Jaborandi-Extract subcutan injicirt und gleich hierauf die künstliche Ischämie desselben Vorderarmes (nebst Hand) hervorgebracht. Sobald diese vollständig hergestellt war, erfolgte augenblicklich ein Stillstand in dem Ausflusse des Speichels aus dem Stenon'schen Gange. Dieser Stillstand dauerte, so lange die Ischämie anhielt, auch wenn letztere eine gute halbe Stunde hindurch unterhalten werden konnte.

[1]) A. a. O., S. 64.

[2]) Fubini, in dieser Zeitschrift, im vorliegenden Bande, S. 143 und folgende.

Nach Aufhebung der Ischämie sieht man binnen kurzer Zeit, die zwischen 2 und 5 Minuten wechselt, sich einen reichlichen Ausfluss von Speichel aus der Parotis einstellen. Mit Ausnahme der ersten Tropfen, ist der ausströmende Speichel fast immer ganz klar.

Wenn die Injection und die Einleitung der Ischämie auf derselben Körperseite geschahen wie der Catheterismus des Stenon'schen Ganges, so erfolgte der Speichel-Ausfluss rascher, als wenn die beiden ersten Operationen auf der einen Körperseite, der Catheterismus auf der anderen vorgenommen wurde.

Die Zahlen der folgenden Tabelle geben eine Vorstellung von dem profusen Ausflusse des Ohrspeichels, der sich nach Aufhören der Ischämie eines Vorderarmes einstellt.

Versuchstag.	Menge des Parotisspeichels (in Cub.-Millim.) während 30′ vor der Injection von Pilocarpin.	Menge des Parotisspeichels nach der Injection von Pilocarpin und während der Ischämie des Vorderarmes und der Hand.	Menge des Parotisspeichels (in Cub.-Millim.) nach der Injection von Pilocarpin und nach Aufhören der Ischämie in dem Vorderarme und der Hand		
			während der ersten 15′.	während der weiteren 15′.	im Ganzen während 30′.
7. August 1878	4	0	160	50	210
9. „ „	6	Id.	40	40	80
10. „ „	2	Id.	90	48	138
11. „ „	4	Id.	60	22	82
13. „ „	5	Id.	48	30	78
14. „ „	3	Id.	30	25	55
Mittelwerthe	4				107

Die Mengen des nach und vor der Injection von Pilocarpin in gleicher Zeit ausfliessenden Parotisspeichels verhielten sich sonst zu einander (wie wir oben gesehen) gleich **606 : 100.**

Nun ist durch die Aufhebung der gleich nach der Injection hervorgebrachten künstlichen Ischämie eines Vorderarmes (nebst Hand) die Wirkung des Pilocarpins so sehr gesteigert, dass jetzt die ausfliessende Speichelmenge zu der normalen, wie 107 : 4, also wie **2675 : 100** steht.

Die so reichlich aus dem Stenon'schen Gange durch die Canüle hervorströmende Flüssigkeit ist klar, wie filtrirt. Im Gegensatze zur

sauren Reaction des normalen Parotisspeichels, reagirt sie anfangs alkalisch, nach 15 oder 20′ neutral, und kehrt erst allmälig, binnen 30—35′, zur sauren Reaction zurück.

Da bei der stark vermehrten Absonderung des Parotisspeichels hauptsächlich die Wasser-Menge vermehrt ist, so findet sich darin das Rhodankalium in gar zu verdünnter Lösung und zeigt daher minder deutlich die vorerwähnten Reactionen mit Eisenchlorid und mit Jodsäure und Stärkekleister.

Bemerkenswerth ist der völlige Stillstand des Parotisspeichelflusses bei der Ischämie einer Extremität. Diese räthselhafte Erscheinung hat uns zum Nachweise verholfen, dass 2 bis 5 Minuten genügen können, damit die Resorption des Pilocarpins ihren Einfluss auf die Absonderungsthätigkeit der Parotis entfalte.

Die in der Wissenschaft vorliegenden Angaben über das specifische Gewicht des Parotisspeichels sind nicht zahlreich.

Da wir häufig nur ganz geringe Mengen dieser Flüssigkeit zur Verfügung hatten, so haben wir unsere diesbezüglichen Bestimmungen durch Wägung ausgeführt.

Wir haben uns dabei einer für 0,1 Milligr. empfindlichen Wage bedient und haben bei 24° C. operirt.

Das specifische Gewicht des Parotisspeichels betrug bei unserem Subjecte unter normalen Bedingungen 1012, was dem von Oehl[1]) angegebenen Werthe nahe kommt.

Der Parotisspeichel dagegen, der nach Injection des Jaborandi-Extractes mit nachträglicher Einleitung und Aufhebung einer künstlichen Ischämie erhalten wurde, zeigte ein geringeres spec. Gewicht: der in der ersten Viertelstunde nach Aufhebung der Ischämie aufgefangene hatte eine Dichtigkeit von 1009,8, der in den späteren 15′ gewonnene nur von 1007,2.

Wir behalten uns vor, über diesen Gegenstand weitere Nachforschungen anzustellen, indem die Zahl unserer bisherigen Beobachtungen hierüber noch ziemlich gering ist.

---

[1]) A. a. O., S. 33.

Einfluss des Jaborandi-Extractes auf den Schweiss.

Einstimmig schreiben die Physiologen und Kliniker dem Jaborandi und seinem Alkaloïde eine Einwirkung auf die Schweiss-Absonderung zu.

In den letzten Zeiten hat das Pilocarpin ein werthvolles Hülfsmittel zur Erforschung des Nerveneinflusses auf die Schweisssecretion an die Hand gegeben [1]).

Einige Schriftsteller geben Zahlen an, welche die Gewichtsabnahme des menschlichen Körpers beim Gebrauche von Jaborandi oder von Pilocarpin darthun. Doch Niemand, unseres Wissens, hat quantitave Angaben über jenen Theil der Stoffverluste geliefert, der auf Rechnung der durch das Jaborandi vermehrten Schweissabsonderung zu setzen ist.

Es schien uns daher lohnend, Nachforschungen hierüber vorzunehmen.

In der klassischen Arbeit von Funke [2]) finden wir die Angabe, dass die innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ausgeschiedene Schweiss-Menge zwischen ausserordentlich weiten Grenzen schwankt, sei es, dass sich unsere Beobachtungen auf mehrere Personen oder auf ein und dasselbe Subject beziehen.

Nach Funke's Vorgange haben wir die Schweiss-Menge in Betracht gezogen, welche innerhalb einer bestimmten Zeit bloss von der Hand und dem Vorderarme ausgeschieden wird.

Wir verfuhren dabei nach folgender Methode.

Es wurde bei einer Temperatur von 20—24° C., bei vollkommener Körperruhe, operirt.

Nach sorgfältiger Reinigung und Abtrocknung wurden Hand und Vorderarm in einen etwa 50 Centim. langen Glasbehälter eingeführt, der an dem einen Ende eine Oeffnung von 9 Centim. im Durchmesser hatte, am anderen aber geschlossen war.

---

[1]) Luchsinger: *Die Schweissnerven für die Vorderpfote der Katze,* und *Nachträgliche Bemerkungen zur Physiologie der Schweisssecretion,* im Centralblatt 1878.

[2]) O. Funke: *Beiträge zur Kenntniss der Schweisssecretion,* in Moleschott's Untersuchungen, IV. Band, 1858, S. 42.

Hand und Vorderarm lagen darin bequem, in horizontaler Richtung.

Am Ellbogengelenk war ein passender Gummi-Aermel angebracht, der einerseits den Ellbogen, andererseits den Rand des Behälters eng umschloss.

Auf diese Weise verblieben Vorderarm und Hand im Behälter eine bestimmte Zeit, z. B. eine Stunde hindurch.

Ein sehr feiner, vollkommen reiner und über Schwefelsäure getrockneter Schwamm wurde in eine Glasbüchse mit zugeschliffenem Glasstöpsel gelegt und auf einer für 0,1 Milligr. empfindlichen Wage gewogen.

Mit diesem Schwamme wurden nach ihrer Befreiung aus dem Glasbehälter die Hand und der Vorderarm und sodann die Innenwand des Behälters abgewischt.

Hierauf wurde der Schwamm rasch in die Büchse zurückgelegt und abermals auf's Sorgfältigste gewogen.

Der Unterschied beider Gewichte ergab die innerhalb der Beobachtungszeit von der Hand und dem Vorderarme ausgeschiedene Schweissmenge.

Nach Bestimmung dieses Werthes wurde eine subcutane Injection von Jaborandi-Extract an demselben Vorderarme ausgeführt, an welchem soeben die normale Schweissabsonderung bestimmt worden war. Hierauf wurde die Menge des nun abgesonderten Schweisses nach genau demselben Verfahren bestimmt.

Der Unterschied zwischen den innerhalb gleicher Zeiten vor und nach der Injection gewonnenen Mengen ergab ein Maass für die schweisstreibende Wirkung des Pilocarpins.

Schweiss-Absonderung der Hand und des Vorderarmes.

Versuchstag.	Gewichtsmenge des innerhalb 1 Stunde von der Hand und dem Vorderarme **vor** und **nach** der subcutanen Injection von 1 Centigr. Jaborandi-Extract abgesonderten Schweisses.	
	Gramm	Gramm
14. Juli 1878	0,0206	0,2426
16. „ „	1,3390	1,9702
17. „ „	0,7660	2,2156
18. „ „	0,0382	2,0774
20. „ „	1,5622	2,4890
21. „ „	1,0990	2,3534
24. „ „	0,1440	0,5856
25. „ „	0,3040	0,3748
30. „ „	0,0748	0,4542
2. August „	0,0768	0,2267
Mittelwerthe	0,5424	1,2989

Wie aus den in dieser Tabelle verzeichneten Mittelwerthen abgeleitet werden kann, verhalten sich die binnen gleicher Zeit von der Hand und dem Vorderarme **vor** und **nach** der Injection von Jaborandi-Extract abgesonderten Schweissmengen wie **100 : 239**.

Während dieser Versuche haben wir die bereits früher von uns gemachte Erfahrung über den Einfluss der Kost auf die Reaction des Schweisses [1]) zu wiederholen Gelegenheit gehabt. Unser Versuchsmann unterwarf sich während 8 Tagen einer ausschliesslich vegetabilischen Kost, und während dieser ganzen Zeit erwies sich die auf's Sorgfältigste geprüfte Reaction des Schweisses constant säuerlich oder sauer.

Bei den vielfachen Versuchen, die wir zur Erforschung einiger auf die Injection von Pilocarpin folgenden Erscheinungen angestellt haben, fanden wir jedesmal, dass nach der Einführung von 1 Centigr. Jaborandi-Extract in die Blutbahn die Pulsfrequenz um 8 bis 10

[1]) Fubini und Ronchi, im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 22.

Schläge in der Minute zunahm, während die Athemfolge keine Aenderung zeigte.

Einige Male stellte sich nach der Injection von Jaborandi-Extract eine vermehrte Absonderung von Nasenschleim ein, die jedoch mit dem Aufhören des Schweisses und des Speichelflusses ebenfalls aufhörte.

Die Ergebnisse unserer Erfahrungen können wir folgenderweise zusammenfassen:

I. Das syrupartige Jaborandi-Extract löst sich leicht in einem Gemische von gleichen Theilen Glycerin und Wasser.

II. Die subcutane Injection einer solchen Lösung bewirkt keine locale Reizungserscheinung.

III. Die subcutane Injection von 1 Centigr. Jaborandi-Extract steigert die Secretion des Parotisspeichels, so dass die Menge dieser Absonderung zu der binnen gleicher Zeit unter normalen Bedingungen stattfindenden wie 606 : 100 steht.

IV. Es sind 2—5 Minuten erforderlich, damit die am Vorderarme ausgeführte Injection von Jaborandi-Extract die Secretion des Parotisspeichels vermehre.

V. Wenn man sofort nach der Injection von Jaborandi-Extract die künstliche Ischämie einer oberen Extremität (Hand und Vorderarm) hervorbringt, so hört der Ausfluss von Speichel auf.

VI. Unterbricht man sodann die Ischämie, so stellt sich der Ausfluss nicht nur her, sondern wird so copiös, dass die nun ausfliessende Speichelmenge zu der binnen gleicher Zeit unter normalen Bedingungen ausgeschiedenen wie **2675 : 100** steht.

VII. Der bei einem solchen Versuche in den ersten 30′ nach Aufhören der Ischämie abgesonderte Parotisspeichel ist anfangs **alkalisch**, später **neutral**.

VIII. Sonst ist der sowohl unter normalen Bedingungen als unter der Einwirkung des Jaborandi ausgeschiedene Parotisspeichel von stets **saurer** Reaction.

IX. Bei exclusiv animalischer Kost bestätigt sich die bereits von Oehl angegebene Vermehrung des Rhodankaliumgehaltes im Parotisspeichel.

X. Auch die Schweiss-Absonderung erfährt nach der Injection von Jaborandi-Extract eine Vermehrung; wurde 1 Centigr. dieses Extractes injicirt, so verhält sich die nun während der ersten Stunde von der Hand und dem Vorderarme abgesonderte Schweissmenge zu der binnen gleicher Zeit unter normalen Bedingungen ausgeschiedenen wie **239 : 100.**

XI. Nach diesen Versuchen ist die ptyalagoge Einwirkung des Jaborandi-Extractes auf die Parotis stärker als die schweisstreibende Einwirkung auf die Hand und den Vorderarm.

XII. Die Reaction des Schweisses bleibt sauer nach wie vor der Injection von Jaborandi-Extract.

XIII. Dieselbe erhält sich ebenfalls sauer bei ausschliesslich vegetabilischer Kost, auch wenn sich diese auf 8 Tage ausdehnt.

IX.

Ueber den Wassergehalt einiger Horngewebe des menschlichen Körpers.

Von **Jac. Moleschott.**

Für eine Arbeit, deren Aufgabe darin bestand, die Stickstoffmenge, die das Wachsthum der Horngebilde, deren wir durch Ausfallen, Abschuppung oder Beschneidung verlustig werden, zu bestimmen, war mir die Kenntniss ihres Wassergehalts erforderlich. Da ich keine darüber schon bestehenden Angaben ausfindig machen konnte, musste ich mich selbst an's Werk machen, und ich hielt mich um so mehr daran, als ich bald erkennen musste, dass der immer sehr veränderliche Wassergehalt der Haare und Nägel, die ich zum Gegenstande meiner Untersuchungen wählte, in den verschiedenen Jahreszeiten einem besonderen Wechsel unterworfen ist.

Da man schon seit so langer Zeit die Anziehung der Haare für Wasser kennt, die ja dahin geführt hat, ein todtes, entfettetes Haar als Hygrometer zu benützen, so hat man die Veränderlichkeit des Wassergehalts der Horngewebe wahrscheinlich geahnt, und möglicherweise ist das der Grund gewesen, warum sich die Chemiker mit seiner Bestimmung nicht abgegeben haben.

In der Hoffnung, dass sich zwischen der Wassermenge, welche die Horngebilde bei gewöhnlicher Wärme verlieren, und derjenigen, die ihnen nachher bei 120° noch entzogen werden kann, ein bestimmtes Verhältniss ergeben möchte, oder falls ein solches nicht bestände, aus dem verschiedenen Gang der beiden Werthe irgend eine Regel hervorleuchten möchte, habe ich das Trocknen gewöhnlich in zwei Absätzen vorgenommen. Ich entzog nämlich bei gewöhnlicher Zimmer-

wärme, die zwischen 11 und 26° schwankte, alles Wasser, welches die Haare oder Nägel unter diesen Umständen an einen durch starke Schwefelsäure getrockneten Luftstrom abtreten konnten, und dann erst vertrieb ich das noch übrige Wasser bei 120° im Oelbad; die erste dieser beiden Wassermengen mag die flüchtige, die zweite die rückständige heissen.

Ich bediente mich des gewöhnlichen Liebig'schen Trockenrohrs. In dessen horizontalen Ast war ein kleines Pfröpfchen gut ausgetrockneter Baumwolle eingebracht, das ungefähr 2 Milligramm wog, um zu verhindern, dass etwa ein Härchen aus dem Rohr entweichen könnte, wozu es sich freilich niemals anliess, und um das Fett zurückzuhalten, das sich bei den höheren Wärmegraden aus den Haaren verflüchtigte, sich aber grösstentheils in gelben Tröpfchen, theils im obersten Ende des aufsteigenden Schenkels, theils in dem horizontalen Ast des Trockenrohrs niederschlug. Für die Nägel bedurfte es dieser Vorsichtsmassregel nicht.

Der Strom der ausgetrockneten Luft ward mittelst eines Brunner'schen Aspirators erzeugt. Bevor die Luft in das Trockenrohr mit dem betreffenden Horngebilde gelangte, hatte sie zwei Woulff'sche Flaschen mit Schwefelsäure durchsetzt, und zwar die erstere durch, die zweite über die Schwefelsäure wegstreichend. Um die Haare oder Nägel immer in möglichst trockener Luft zu halten, auch wenn der Strom unterbrochen war, weil das Wasser des Aspirators abgeflossen, war eine dritte Woulff'sche Flasche zwischen das Trockenrohr und den Aspirator eingeschaltet, welche wie die zweite eingerichtet war, indem die Luft nicht durch die Schwefelsäure, sondern nur über dieselbe wegstrich.

Um die Haare bei gewöhnlicher Temperatur mittelst des trockenen Luftstroms auszutrocknen, waren nicht weniger als 70, und für die Nägel mindestens 100 Stunden nöthig. Um dann bei 120° das rückständige Wasser zu vertreiben, genügten meist schon 5—6 Stunden, wobei allerdings diejenigen nicht mitgezählt sind, während welcher die Wärme von 120° noch nicht erreicht war, und die Zahl dieser letzteren betrug oft mehr als 10, weil absichtlich sehr langsam er-

wärmt wurde. Begreiflicher Weise dauerte das Austrocknen für die Nägel immer viel länger, als für die Haare, denn die Nägel wurden, wie sie abgeschnitten waren, in das Trockenrohr gebracht, d. h. ohne vorherige Zerstückelung, einmal, um bei ihrer Zerkleinerung keinen Wasserverlust zu erleiden, und sodann, um sicher zu sein, dass alle Schichten der Nägel mit einander vereint blieben. Die allmächtige Zeit musste Feile oder Messer ersetzen; der trockene Luftstrom wurde eben so lange über die Horngebilde getrieben, bis sie an Gewicht schlechterdings nichts mehr einbüssten.

Folgende Tabellen geben eine Uebersicht der erhaltenen Werthe; die erste, dritte und fünfte enthalten die unmittelbar gefundenen Zahlen für Haare, Bart und Nägel, die zweite, vierte und sechste die betreffenden Werthe auf 100 Theile der entsprechenden Horngebilde zurückgeführt. Wo mein Name angegeben ist, rührte das Untersuchungsmaterial von meiner Person her. Ich muss also hinzufügen, dass, als ich diese Versuche anstellte, meine Haare schon mehr grau als blond waren. Luigi Pagliani, dem ich eine Bestimmung für seine Haare verdanke, hat sie von kastanienbrauner Farbe.

Die Einheit des Gewichts ist immer das Gramm.

In den Tabellen II, IV und VI enthält die letzte Spalte das Verhältniss zwischen dem rückständigen und dem flüchtigen Wasser, wobei jenes gleich 100 gesetzt ist.

Tabelle I.

Unmittelbar in den Haaren gefundene Wassermengen.

Tag, an dem die Haare abgeschnitten wurden.	Zimmerwärme.	Anfangsgewicht der Haare.	Verlust bei Zimmerwärme.	Weiterer Verlust bei 120°.	Gesammtverlust.	Gewährsmann.
21. Juli 1875		1,5020			0,2475	Moleschott.
18. August „	20 – 21° C.	1,8472	0,2566	0,0590	0,3156	„
5. Januar 1876	11 – 12	0,8640	0,0750	0,0183	0,0933	„
28. März „		1,4625			0,1620	„
26. Juni „	19 – 25	1,3081	0,1210	0,0370	0,1580	„
30. August „	18 – 22	0,9995	0,1170	0,0248	0,1418	„
26. October „	14 – 17	1,3370	0,1149	0,0532	0,1681	„
10. Januar 1877	12	1,3439	0,1253	0,0301	0,1554	„
28. Sept. 1875	18	0,8500	0,0790	0,0269	0,1095	L. Pagliani.

Tabelle II.

Wasser in 100 Theilen der Haare.

Tag, an dem die Haare abgeschnitten worden.	Zimmerwärme.	Bei Zimmerwärme vertriebenes Wasser.	Bei 120° vertriebenes Wasser.	Wassergehalt im Ganzen.	Verhältniss zwischen dem rückständigen und dem flüchtigen Wasser.
21. Juli 1875		—	—	16,48	—
18. August „	20—21° C.	13,89	3,19	17,08	100 : 435
5. Januar 1876	11—12	8,68	2,12	10,80	100 : 409
28. März „		—	—	11,08	—
26. Juni „	19—25	9,25	2,83	12,08	100 : 327
30. August „	18—22	11,71	2,43	14,14	100 : 482
26. October „	14—17	8,59	3,98	12,57	100 : 216
10. Januar 1877	12	9,32	2,24	11,56	100 : 416
28. Septmbr. 1875	18	9,29	3,16	12,45	100 : 294
	Mittelwerthe:	10,10	2,85	13,14	100 : 354

Tabelle III.

Unmittelbar im Bart gefundene Wassermengen.

Tag, an dem der Bart geschnitten worden.	Zimmerwärme.	Anfangsgewicht des Barts.	Verlust bei Zimmerwärme.	Weiterer Verlust bei 120°.	Gesammtverlust.
18. August 1875		0,7478	—	—	0,1130
15. September „	20—21° C.	0,5750	0,0648	0,0154	0,0802
1. März 1876		0,5208	—	—	0,0646
2. August „	23—26	0,7037	0,0707	0,0165	0,0872
30. „ „	18—22	0,5661	0,0641	0,0131	0,0772
10. Januar 1877	12	0,7513	0,0716	0,0202	0,0918
13. Februar „	10—12	1,0358	0,0860	0,0187	0,1047

Tabelle IV.

Wasser in 100 Theilen Bart.

Tag, an dem der Bart geschnitten worden.	Zimmerwärme.	Bei Zimmerwärme vertriebenes Wasser.	Bei 120° vertriebenes Wasser.	Wassergehalt im Ganzen.	Verhältniss zwischen dem rückständigen und dem flüchtigen Wasser.
18. August 1875	—	—	—	15,11	—
15. September „	20—21° C.	11,27	2,68	13.95	100 : 420
1. März 1876	—	—	—	12,40	—
2. August „	23—26	10,05	2,34	12,39	100 : 429
30. „ „	18—22	11,32	2,31	13,63	100 : 490
10. Januar 1877	12	9,53	2,69	12,22	100 : 354
13. Februar „	10—12	8,80	1,81	10,11	100 : 458
	Mittelwerthe	10,09	2,37	12,83	100 : 426

Tabelle V.

Unmittelbar in den Nägeln gefundene Wassermengen.

Tag, an dem die Nägel geschnitten wurden.	Zimmerwärme.	Anfangsgewicht der Nägel.	Verlust bei Zimmerwärme.	Weiterer Verlust bei 120°.	Gesammtverlust.
11. August 1875	—	0,1476	—	—	0,0261
6. October „	18—20° C.	0,1294	0,0145	0,0068	0,0213
23. Februar 1876	—	0,1342	—	—	0,0150
11. Juli „	20—26	0,2051	0,0266	0,0022	0,0288
8. Februar 1877	10—13	0,1868	0,0120	0,0039	0,0159

Tabelle VI.

Wasser in 100 Theilen Nägel.

Tag, an dem die Nägel geschnitten wurden.	Zimmerwärme.	Bei Zimmerwärme vertriebenes Wasser.	Bei 120° vertriebenes Wasser.	Wassergehalt im Ganzen.	Verhältniss zwischen dem rückständigen und dem flüchtigen Wasser.
11. August 1875	—	—	—	17,68	—
6. October „	18—20° C.	11,20	5,25	16,45	100 : 213
23. Februar 1876	—	—	—	11,18	—
11. Juli „	20—26	12,97	1,07	14,04	100 : 1212
8. Februar 1877	10—13	6,42	2,09	8,51	100 : 307
31. August 1875	11 [1])	9,20 [2])	5,40 [2])	14,60 [2])	100 : 168
	Mittelwerthe:	9,95	3,47	13,74	100 : 287

Zunächst ergiebt sich aus diesen Bestimmungen, dass der mittlere Wassergehalt für die Kopfhaare, Barthaare und Nägel nur kleine Unterschiede zeigt.

Kopfhaare:	Barthaare:	Nägel:
H_2O 13,14 %	12,83 %	13,74 %.

Die Nägel scheinen indess durchschnittlich etwas mehr Wasser zu enthalten, als die Haare:

Mittel für Kopf- und Barthaare:	Nägel:
H_2O 12,98 %	13,74 %,

wonach die Nägel 0,76 % mehr Wasser enthalten würden, als die Haare.

[1]) Das Austrocknen wurde Ende October beendigt.

[2]) Diese letzteren Zahlenwerthe, für den 31. August 1875, verdanke ich der Güte des Prof. Fubini. Das Verzeichniss der unmittelbar gefundenen Werthe ging verloren.

Mit Hülfe dieser Zahlen lässt sich das Verzeichniss der Gewebe nach ihrem aufsteigenden Wassergehalt vervollständigen [1]). Sie lassen sich passender Weise in drei Klassen eintheilen: 1) wasserarme Gewebe, die nicht über 16 % enthalten; 2) Gewebe von mittlerem Wassergehalt, 57 bis 79 % führend; 3) wasserreiche, deren Wassergehalt 79 % übertrifft. Als Grenze zwischen der zweiten und dritten Klasse habe ich die Zahl 79 % gewählt, weil so unter den wasserreichen Geweben oder Gewebetheilen nur diejenigen Platz nehmen, die noch mehr Wasser enthalten als das Blut. Danach ergiebt sich die folgende Uebersicht, in welcher die Zahlen ohne Weiteres angeben, wie viel Wasser in 100 Theilen des betreffenden Gewebes enthalten ist.

Wasserarme Gewebe.		Gewebe mit mittlerem Wassergehalt.		Wasserreiche Gewebe.	
Dichter Knochenstoff	5,1	Nerven	57,1	Bindegewebe	80,0
Zahnschmelz	5,9	Krystalllinse	58,0	Hirn	81,4
Knochen	9,1	Knorpel	62,0	Nieren	83,4
Cement	10,0	Rückenmark	68,5	Hirnrinde	85,2
Zahnbein	11,9	Mittl. Arterienhaut	69,3	Glaskörper	98,2
Haare	13,0	Hirnmark	71,1		
Nägel	13,7	Muskeln	73,5		
Fettgewebe	13,8	Leber	75,5		
Schwammichter Knochenstoff	15,9				

Wie man sieht, reihen sich die Horngewebe den wasserarmen an, und zwar stehen sie zwischen dem Zahnbein und Fettgewebe.

Auf den ersten Blick könnte es Eindruck machen, dass sowohl die Nägel, wie die Haare bei gewöhnlicher Zimmerwärme (11 bis 26 ° C.) gleich viel Wasser verlieren:

die Kopfhaare . . . 10,10 %
die Barthaare . . . 10,09 „
die Nägel . . . . . 9,95 „.

Wer aber genauer zusieht, gewahrt gar bald ein so grosses Schwanken der Zahlen, dass er jener verführerischen Uebereinstimmung keinen charakteristischen Werth beilegen kann.

---

[1]) Vergl. Jac. Moleschott, Physiologie der Nahrungsmittel, 2. Auflage, Giessen 1859, Tabelle XLVI, S. 40.

Nicht weniger veränderlich ist die Wassermenge, welche die Horngewebe zurückhalten, nachdem sie bei gewöhnlicher Wärme getrocknet wurden. Da nun die Grenzen, zwischen welchen diese Wärme schwankte, ziemlich weit auseinander liegen, so scheint es der Mühe werth zu untersuchen, ob die Zimmerwärme und die bei ihr aus den Horngeweben vertriebene Wassermenge mit einander Schritt halten. Und im Grossen und Ganzen ist das in der That der Fall. Um es besser zu übersehen, habe ich das bei der Zimmerwärme vertriebene und ebenso das rückständige Wasser der Haare und Nägel auf Tausendstel des gesammten Wassergehalts zurückgeführt, und die Versuche in zwei Hälften getheilt, von denen die eine diejenigen enthält, die bei weniger, die andere diejenigen, welche bei mehr als 19° C. angestellt wurden.

Tabelle VII.

Kopfhaare.

Niedere Wärme.			Höhere Wärme.		
Wärme, bei der getrocknet wurde.	Vertriebenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Zurückgehaltenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehaltes.	Wärme, bei der getrocknet wurde.	Vertriebenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Zurückgehaltenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.
11°,5	804	196	20°	828	172
12	806	194	20,5	813	187
15,5	683	317	22	766	234
18	746	254			
Mittelwerthe 14°,2	760	240	20°,8	802	198

Tabelle VIII.

Barthaare.

Niedere Wärme.			Höhere Wärme.		
Wärme, bei der getrocknet wurde.	Vertriebenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Zurückgehaltenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Wärme, bei der getrocknet wurde.	Vertriebenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Zurückgehaltenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.
11°	821	179	20°	831	169
12°	780	220	20,5	808	192
			24,5	811	189
Mittelwerthe 11°,5	800,5	199,5	21°,7	817	183

Tabelle IX.

Nägel.

Niedere Wärme.			Höhere Wärme.		
Wärme, bei der getrocknet wurde.	Vertriebenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Zurückgehaltenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehaltes.	Wärme, bei der getrocknet wurde.	Vertriebenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.	Zurückgehaltenes Wasser in Tausendsteln des gesammten Wassergehalts.
11°	630	370	19°	681	319
11,5	754	246	23	924	76
Mittelwerthe 11°,25	692	308	21°	802,5	197,5

Allerdings folgt aus diesen Zusammenstellungen, dass auch innerhalb der Grenzen der Zimmerwärme von den Horngebilden mehr Wasser an die ausgetrocknete Luft abgetreten wird, wenn diese wärmer ist, aber der Gang der Wärmegrade und der Wasserrückstände in den Haaren und Nägeln ist sehr unregelmässig; die Abweichungen lassen viel zu wünschen übrig, selbst wenn man bedenkt, dass zwischen den Wärmegraden, die einen willkürlichen Nullpunkt haben, und den Gewichtsmengen eines Stoffs, die einen wirklichen Nullpunkt haben, ein regelmässiges Verhältniss nicht zu erwarten ist.

Ein viel deutlicheres Verhältniss ergiebt sich, wenn man die Bestimmungen des gesammten Wassergehalts in den Horngeweben nach den Jahreszeiten ordnet.

Da ich in der vorerwähnten Arbeit, über das Wachsthum der Horngebilde[1]), zunächst nur drei Jahreszeiten angenommen habe, Sommer, Winter und mittlere Jahreszeit, so werde ich hier dieselbe Eintheilung befolgen. Ich zähle also die Monate Mai, Juni, Juli, August zum Sommer, November, December, Januar und Februar zum Winter, während März, April, September, October die mittlere Jahreszeit bilden.

Es sei ausdrücklich hervorgehoben, dass Kopf- und Barthaare niemals während des Schwitzens abgeschnitten wurden.

[1]) Siehe den vorliegenden Band dieser Zeitschrift, S. 200 und ff.

Da ich mir Bart und Haare, sowie auch die Nägel zur Mittagszeit der betreffenden Tage schneiden liess, so kann ich in den Tabellen die Zahlen für die relative Feuchtigkeit beifügen, wie sie in Hundertsteln des zur Sättigung ausreichenden Wassers in dem Turiner meteorologischen Tagebuch unter der Leitung D o r n a 's verzeichnet sind.

Für die Nägel besitze ich aus der Uebergangsjahreszeit nur eine einzige Beobachtung (vom Monat October), ich bin daher genöthigt, für die Nägel nur Sommer und Winter mit einander zu vergleichen. Ich rechne dabei den Monat October zum Winter, und zwar um so lieber, weil sich unter den im Winter für die Nägel gefundenen Werthen ein sehr niedriger findet, welcher durch die verhältnissmässig hohe Zahl des October ausgeglichen wird.

Tabelle X.

Kopfhaare.

Winter.			Mittlere Jahreszeit.			Sommer.		
Tag.	H_2O %.	Relative Feuchtigkeit.	Tag.	H_2O %.	Relative Feuchtigkeit.	Tag.	H_2O %.	Relative Feuchtigkeit.
5. Jan. 1876	10,80	88	28. März 1876	12,08	93	26. Juni 1876	12,08	66
10. „ 1877	11,56	97	28. Sept. 1875	12,45	52	21. Juli 1875	16,48	59
			26. Oct. 1876	12,57	75	18. Aug. „	17,08	58
						30. Aug. 1876	14,14	61
Mittelwerthe	11,18	92	Mittelwerthe	12,36	73	Mittelwerthe	14,94	61

Tabelle XI.

Barthaare.

Winter.			Mittlere Jahreszeit.			Sommer.		
Tag.	H_2O %.	Relative Feuchtigkeit.	Tag.	H_2O %.	Relative Feuchtigkeit.	Tag.	H_2O %.	Relative Feuchtigkeit.
10. Jan. 1877	12,22	97	1. März 1876	12,40	70	18. Aug. 1875	15,11	62
13. Febr. „	10,11	72	15. Sept. 1875	13,95	71	2. Aug. 1876	12,39	65
						30. „ „	13,63	61
Mittelwerthe	11,16	84	Mittelwerthe	13,17	70,5	Mittelwerthe	13,71	63

Tabelle XII.

Nägel.

Winter.			Sommer.		
Tag.	H_2O %	Relative Feuchtigkeit.	Tag.	H_2O %	Relative Feuchtigkeit.
23. Februar 1876	11,18	94	11. Juli 1876	14,04	63
8. „ 1877	8,52	75	11. August 1875	17,68	67
6. October 1875	16,46	65	31. „ „	14,60	59
Mittelwerthe	12,05	78	Mittelwerthe	15,44	63

Es enthalten also Kopf- und Barthaare während des Sommers mehr Wasser, als in der Uebergangsjahreszeit, und in dieser mehr als im Winter.

Für die Nägel findet sich ein ähnlicher Unterschied zu Gunsten des Sommers.

Folgende Zusammenstellung der Mittelwerthe, welche Haare, Bart und Nägel für Winter und Sommer geliefert haben, lässt die Unterschiede deutlich hervortreten.

	Winter H_2O %.	Sommer H_2O %.	Verhältniss zwischen Winter und Sommer.
Kopfhaare . .	11,18	14,94	100 : 134
Barthaare . .	11,16	13,71	100 : 123
Nägel	12,05	15,44	100 : 128

Den grössten Unterschied im Wassergehalt während des Sommers und Winters, zeigen also die Kopfhaare, dann folgen die Nägel, und zuletzt kommen die Barthaare, allein auch für diese letzteren ist der Wassergehalt im Sommer merklich grösser.

Nicht Alle dürften diese Veränderlichkeit der in den Horngebilden vorhandenen Wassermenge erwartet und nur wenige Naturforscher vorausgesehen haben, dass zur Sommerszeit, wenn die Atmosphäre für einen gegebenen Wärmegrad weniger mit Wasserdampf gesättigt ist, folglich Wasser begieriger aufnimmt, die Nägel und Haare wasserreicher sind, als im Winter.

Ich meinerseits muss bekennen, dass mich anfangs der Sinn jenes Unterschiedes überraschte, und dass ich mich erst dann von seinem thatsächlichen Bestehen überzeugt hielt, als ich die Uebereinstimmung sah, die sich aus 22 Wasserbestimmungen für Haare, Bart und Nägel in den verschiedenen Jahreszeiten, vom Juli 1875 bis zum Februar 1877, ergiebt.

Wenn man aber die Sache besser überlegt, so scheint es natürlich, dass die Horngewebe mehr von dem Boden, der sie nährt, als von der Luft, die sie beherbergt, abhängig sind. Wir dürfen nicht vergessen, dass wir es mit organisirten Geweben zu thun haben. Das Haar, das über die Oberhaut hervorragt, ist kein todter Schaft, so lange seine Wurzel, die der Papille des Haarbalgs aufsitzt, wie eine über den Kopf gezogene Mütze, von der mit Blut gespeisten Lederhaut ernährt wird. Die Blutgefässe der Haut sind im Sommer praller gefüllt, als im Winter, das Blut durchströmt sie leichter, und da, alles Uebrige gleichgesetzt, die Lebendigkeit der Ernährung in einem Gewebe der dasselbe durchfliessenden Blutmenge entspricht, so lässt sich's leicht begreifen, dass im Sommer die Haare und Nägel schneller wachsen, als im Winter, wie das von Berthold und mir selber ermittelt wurde.

Und um die andere Hälfte der Aufgabe zu lösen, um nämlich die eigenthümliche Thatsache zu erklären, dass die Horngebilde im Sommer mehr Wasser enthalten als im Winter, braucht keineswegs vorausgesetzt zu werden, dass die Haare jener physischen Eigenart untreu werden, die sie in Horace de Saussure's Hand zum Hygrometer werden liess. Trotz dem leichten Fettüberzug, den die Haare bekommen, wenn sie durch das obere Drittel des Haarbalgs hindurch wachsen, in welches sich die Absonderung der Talgdrüsen entleert, ist nicht daran zu zweifeln, dass sie und ebenso die Nägel während des Sommers mehr Wasser an die Atmosphäre abtreten als während des Winters. Wenn der Unterschied am fetthaltigen Haare nicht ausreicht, um es als Hygrometer zu verwerthen, so muss man doch unbedingt zugeben, dass die Haare im Ganzen in den warmen Monaten mehr Wasser verdunsten lassen als in den kalten. Trotzdem

aber enthalten sie in jenen Monaten eine grössere Wassermenge als in diesen, woraus hervorgeht, dass ihnen die Gelegenheit der Wasseraufnahme, die ihnen die Atmosphäre versagt, um so reichlicher von dem Nahrungssaft geboten wird, der die Haut durchrieselt. Kurzum, die Horngewebe schöpfen aus dem Boden, in dem sie wurzeln, das, was sie der Luft nicht entziehen können, und zwar in erheblicher Menge.

Wie sehr der Einfluss der Ernährung hier entscheidet, erhellt auch aus dem Umstande, dass die Barthaare mit einem Durchmesser von 0,135 Millimeter nicht wasserreicher sind als die Kopfhaare, deren Durchmesser nur 0,077 Millimeter beträgt [1]), während doch diese letzteren, die im Verhältniss zu ihrer Masse eine grössere Oberfläche besitzen, im Sommer wegen der Verdunstung weniger Wasser enthalten müssten als die Barthaare. Nun ist aber das Gegentheil der Fall. Denn während im Winter für Kopf- und Barthaare der Wassergehalt gleich ist (11,2 %), enthalten die Kopfhaare im Sommer 14,9 %, die Barthaare dagegen nur 13,7 %, oder 1,2 % (beinahe $^1/_{12}$) weniger. Offenbar würde das Gegentheil beobachtet werden, wenn die auf unserem Körper lebenden Haare Hygrometer der Luft wären. Wir müssen sie aber als Hygrometer der Haut betrachten. Dann stimmt Alles zu dem Ideengang, der die Physiologie dazu vermocht hat, ihr Ziel darauf zu richten, die Gesetze der Physik zur Erklärung der Lebenserscheinungen zu verwerthen. So oft die Erklärung eines Lebensvorgangs sich den Regeln der Mechanik oder der Chemie nicht fügen will, kann dies nur daran liegen, dass wir nicht alle einzelnen Umstände gehörig erwogen haben, durch deren genaue und vollständige Erkenntniss die Ausnahme in der Regel aufgegangen wäre. Denn in dem ganzen Gebiete der Wissenschaft vom Leben können wir der Physik nur mit Physik begegnen.

Turin, Juni 1878.

[1]) Wilson, bei Henle in Canstatt's Jahresbericht für das Jahr 1848, S. 33.

X.

Ueber das Wachsthum der Horngebilde des menschlichen Körpers und die damit verbundene Stickstoffausgabe.

Von Jac. Moleschott.

De minimis non curat prætor,
— philosophus autem curat.

I. Ueber das in der Zeiteinheit erzeugte Gewicht an Kopf- und Barthaaren.

Die Frage, zu deren Beantwortung ich hier einen Beitrag liefern möchte, bezieht sich nicht auf die Entwicklung der Formbestandtheile der Horngebilde, sie gilt vielmehr einer Aufgabe, die in der Lehre des Stoffwechsels an der Tagesordnung ist.

Es kann heute keinem Zweifel mehr unterliegen, dass der grösste Theil des Stickstoffs, den wir dem Körper mit den eiweissartigen Stoffen und deren Abkömmlingen einverleiben, in der Form von Harnbestandtheilen wieder ausgeschieden wird, ebenso wie weitaus der grösste Theil des Kohlenstoffs unserer Nahrungsstoffe in der ausgeathmeten Kohlensäure sich wiederfindet. Aber gleichwie Kohlensäure nicht nur von den Lungen, sondern auch von der Haut ausgehaucht wird, in den Darmgasen und auch im Harn auftritt, so findet sich Harnstoff auch im Schweiss, Spuren von Ammoniak in der ausgeathmeten Luft, und der Darmkoth enthält beachtenswerthe Mengen von Schleimstoff, Taurin und stickstoffhaltigen Farbstoffen, die ohne Zweifel von Absonderungen der Verdauungswerkzeuge herstammen.

Zu diesen Verbindungen, welche Stickstoff aus dem Körper ausführen, sind nun auch die Horngebilde zu zählen. Ihre Mause liegt offen zu Tage in den Haaren, die ausfallen oder wie die Nägel beschnitten werden, in der Oberhaut, die sich abschuppt, und in dem Schleim, den wir auswerfen, sie ist dagegen weniger deutlich, wenigstens bei gesundem Leibe, in den Epithelzellen, die in den Geschlechts- und Harnwegen abgestossen werden.

Alle diese Stickstoffausgaben, die der Haut und des Darms, der Oberhaut und der Lungen, sind, selbst dann wenn man sie zusammenzählt, nur klein im Vergleich zur Ausfuhr von Stickstoff, die durch den Harn stattfindet. Aber es ist gewiss nicht wörtlich zu nehmen, und wird ohne Zweifel auch von Voit nicht in strengem Wortsinn verstanden, wenn man hier und da der mehr abrundenden als erschöpfenden Formel begegnet, dass aller mit der Nahrung eingeführte Stickstoff in dem Auswurf der Nieren wiedererscheint. Ich will damit nicht in Zweifel ziehen, dass es Versuchsbedingungen geben kann, bei welchen die übrigen Stickstoffausgaben im Vergleich zum Harnstoff, zur Harnsäure und Hippursäure, zum Kreatinin und den Farbstoffen des Harns unerheblich scheinen. Allein es wird gewiss kein Naturforscher auf seine Aufgaben das Wort de minimis non curat prætor anwenden wollen, welches ohnehin mehr zum Abfertigen als zum Schlichten angethan ist, ebensowenig als ein Haushälter sich damit zufrieden geben wird, nur Thaler und Goldgulden, nicht Mark und Pfennige zu zählen.

Diese Erwägung hat mich veranlasst, zu untersuchen, wie viel die tägliche Stickstoffausgabe betragen kann, die durch die Erzeugung, beziehungsweise die Abstossung der Horngebilde bedingt wird.

Ich habe zunächst die Haare berücksichtigt, weil man sie am leichtesten sammeln kann, und weil ihr üppiges Wachsthum in der Jugend hinlänglich grosse und zuverlässige Zahlen versprach, um sie zu Vergleichungen benützen zu können.

Anfangs war ich darüber im Zweifel, welches Verfahren ich wählen sollte, um mir eine genügende Menge von Wägungen zu verschaffen, die zu einem Schluss berechtigen könnten.

Sollte ich danach streben, über den Kopf eines Einzelnen zu verfügen, um ihn von Monat zu Monat vollständig zu scheren und die Menge der Haare wägen zu können, die in einem gegebenen Zeitraum gewachsen waren?

Oder war es vorzuziehen, sich zu Mehreren zu vereinigen und in regelmässigen Zeitpunkten sich von derselben geschickten Hand so gut als möglich die Haare in gleicher Länge abschneiden zu lassen, in der Erwartung, dass die grössere Genauigkeit einer einzigen Beobachtungsreihe aufgewogen würde durch die grössere Wahrscheinlichkeit, Mittelwerthe zu gewinnen, die freilich keinen Anspruch darauf machen können, für strenge Grundwerthe zu gelten, aber doch Aufschluss darüber geben, wieviel durchschnittlich an Haaren verausgabt werden kann, und welchen Schwankungen die betreffende Ausgabe unter verschiedenen Umständen unterliegt?

Ohne zu verkennen, dass das erstere Verfahren grössere Gewähr für Genauigkeit gegeben hätte, habe ich mich doch an das zweite gehalten. Es scheint mir vor Allem wichtig, bei der Lösung ähnlicher Fragen, wenn es nur irgend möglich ist, die Werthe nicht von einem einzigen Individuum zu entnehmen. Denn bei allem Anschein eines regelmässigen Verhaltens, durch welchen ein solches uns das mittlere Verhältniss vorspiegeln könnte, setzt uns eine solche Beschränkung der Gefahr aus, ganz zufällige Zahlen als grundlegende Maasse anzunehmen, die es vereiteln würden, die hier aufgestellte Frage zu beantworten, bis zu welchem Grade es sich um erhebliche oder zu vernachlässigende Grössen handelt. Ausserdem ist es gewiss, dass es schwer gehalten haben würde, selbst für Geld, einen Kopf zu finden, der sich ein Jahr lang, alle Monat durchaus kahl scheren liesse, ganz davon abgesehen, dass solch kahler Schädel sich vielleicht nicht strenge vergleichen liesse mit dem reichbehaarten Kopfe eines Jünglings, der sich die Haare in allen Jahreszeiten mässig schneiden lässt und danach strebt, den beneidenswerthen und nützlichen Schmuck so viel als möglich in immer gleichem Reichthum zu erhalten.

So entstand denn unter einigen bereitwilligen Studenten der Turiner Hochschule und dem Personal des unter meiner Leitung stehenden

physiologischen Laboratoriums eine Gesellschaft, deren Mitglieder sich dazu verpflichteten, sich jeder Art von Haaröl oder Pomade zu enthalten und sich die Haare regelmässig alle Monat, den Monat zu 28 Tagen gerechnet, von demselben Haarkünstler schneiden zu lassen, der sich nach besten Kräften bemühte, die Haare immer in gleichem Grade zu kürzen. Diese wurden mit grosser Sorgfalt gesammelt, ohne diejenigen zu verlieren, die auf den Pudermantel fielen, und gleich nach dem Schneiden bis auf ein Centigramm gewogen, da eine grössere Genauigkeit nur scheinbar gewesen wäre. Nicht nur der Dank, den ich für alle Mitglieder dieser kleinen Gesellschaft hege und insbesondere meinen Assistenten, den Professoren Fubini und Pagliani, abstatten muss, welche die kleine Schaar leiteten und sehr viele der bezüglichen Wägungen ausgeführt, sondern auch die Nothwendigkeit, einige auf die betreffenden Personen bezügliche Angaben zu machen, bestimmt mich, hier das Verzeichniss ihrer Namen, unter Beifügung ihres Alters und Gewichtes, mitzutheilen, bei dem Jüngsten beginnend.

	Name.	Alter.	Gewicht in Kilogr.
1.	Stefano Pagliani	18	53
2.	Morra	21	59
3.	Raseri	21	54
4.	Losio	22	56
5.	Demaria	23	61
6.	Gasca	23	56
7.	Caselle	25	65
8.	Luigi Pagliani	26	55
9.	Fubini	32	64
10.	Gatto	45	78
11.	Moleschott	53	107.

In einer ersten Tabelle stelle ich die Wägungen der Haare zusammen, die für dreizehn oder mindestens zehn Mondsmonate ausgeführt wurden, und füge die Mittelwerthe für die einzelnen Individuen und jeden besonderen Monat hinzu, sowie auch die mittlere Temperatur nach Dorna's Angaben in dem Bulletin der königlichen

meteorologischen und astronomischen Anstalt der Turiner Hochschule. Da auch der Tag bezeichnet ist, an welchem die Haare geschnitten wurden, ersieht man gleich, in wieweit unsere Mondsmonate von den im meteorologischen Bulletin aufgeführten Monaten abweichen. Während nämlich für einzelne Monate, wie den August und September des Jahres 1874, beinahe vollkommene Uebereinstimmung herrscht, trifft diese nur halb zu für die Monate Februar, März und April des Jahres 1875. Ich hätte zwar den ersten und den letzten Tag eines jeden Kalendermonats als Grenze wählen können, allein dann wären die Zeitabschnitte nicht gleich gross gewesen, was, wie wir unten sehen werden, durchaus nicht gleichgültig war. Dann aber rechnete ich sicherer auf die Einhaltung des zum Haarschneiden bestimmten Tages, wenn dazu immer derselbe Wochentag, als wenn dasselbe Datum bestimmt wurde. Ferner schien es zweckmässig, die Sonntage auszuschliessen, um sich darauf verlassen zu können, dass die betreffenden Personen in Turin zugegen wären.

Tabelle I.

Gewicht der abgeschnittenen Haare in Gramm.

Tag, an dem die Haare abgeschnitten wurden.	Monat, in dem die Haare gewachsen waren.	Fubini.	Gatto.	Losio.	Gasca.	Caselle.	Mittelwerth für die einzelnen Mnt.	Mittlere Temperatur des Monats.
11. Mai 1874	April 1874	3,11	4,68	7,70	6,06	5,30	5,37	14°,1C
8. Juni „	Mai „	2,50	4,47	6,15	5,50	5,80	4,88	15°,2
6. Juli „	Juni „	3,30	5,10	9,30	5,60	7,95	6,25	21°,9
3. August „	Juli „	2,70	4,70	5,90	5,30	6,80	5,08	25°,0
1. Sept. „	August „	4,00	4,45	6,50	6,85	5,23	5,13[1])	22°,4
29. Sept. „	September „	3,40	4,80		5,30	5,80	4,82[1])	20°,0
27. October „	October „	3,65	4,31	5,56	5,83	4,89	4,85	13°,3
24. Nov. „	November „	2,00	3,31	6,24	3,90	3,56	3,80	6°,0
22. Dec. „	December „	2,50	3,30	5,00	4,00	5,50	4,07	1°,7
19. Januar 1875	Januar 1875	1,81	4,17	6,19	3,49	5,17	4,17	1°,8
16. Februar „	Februar „	3,20	5,08	4,53	—	—	(4,27)	0°,5
16. März „	März „	5,40	5,65	6,90	7,30	—	(6,31)	4°,7
13. April „	April „	5,34	5,10	8,28	7,78	—	(6,62)	11°,7
	Summa:	42,91	59,12	78,25	66,91	56,00		
	in Tagen:	364	364	364	336	280		
	Mittelwerth für 28 Tage:	3,30	4,55	6,02	5,58	5,60		
	Mittelwerth für 1 Tag:	0,12	0,16	0,21	0,20	0,20		

[1]) Zur Berechnung der Mittelwerthe für August und September wurde die Zahl des Herrn Losio nicht benützt, weil seine Haare erst nach zwei Monaten abgeschnitten wurden. Vgl. Abschnitt IV, S. 213 und ff.

In der zweiten Tabelle vereinige ich die Gewichte, welche sich nur auf neun einzelne Mondsmonate für die betreffenden Individuen beziehen. Für drei dieser letzteren, für die Herren S. Pagliani, Demaria und Raseri, sind zwar alle Monate des Jahres vertreten, nur dass sich die beiden ersteren zweimal die Haare erst nach zwei Monaten schneiden liessen, was bei dem zuletzt genannten dreimal stattfand.

Tabelle II.

Gewicht der abgeschnittenen Haare in Gramm.

Tag, an dem die Haare abgeschnitten wurden.	Monat, in dem die Haare gewachsen waren.	L. Pagliani.	Morra.	S. Pagliani.	Demaria.	Raseri.	Mittelwerth f. d. einzln. Monate [1]).	Mittlere Temperatur des Monats.
11. Mai 1874	April 1874	7,56	5,86	8,00	7,82	5,42	7,20	14°,10.
8. Juni „	Mai „	4,38	3,12	4,52	8,60	6,20	5,92	15°,2
6. Juli „	Juni „	5,20	5,04	8,05	8,90	7,60	7,44	21°,9
3. August „	Juli „	3,02	2,65	4,90	9,10	7,11	6,03	25°,0
1. Sept. „	August „	6,60	3,40	} 15,80	} 16,30	} 10,70		22°,4
29. Sept. „	September „	3,30	} 8,48					20°,0
27. October „	October „	—		} 10,96	5,99	} 8,60		13°,3
24. Nov. „	November „	—	—		8,26			6°,0
22. Dec. „	December „	—	—	6,10	5,60	5,75	(5,82 [1])	1°,7
19. Januar 1875	Januar 1875	—	—	6,40	} 16,00	} 9,12		1°,8
16. Februar „	Februar „	4,80	—	5,78				0°,5
16. März „	März „	4,20	—	6,00	8,00	6,00	6,03	4°,7
13. April „	April „	6,60	—	7,10	8,15	7,92	7,44	11°,7
	Summa:	45,66	28,55	83,61	102,72	74,42		
	in Tagen:	252	196	364	364	364		
	Mittelwerth für 28 Tage:	5,07	4,08	6,43	7,90	5,73		
	Mittelwerth für 1 Tag:	0,18	0,14	0,23	0,28	0,20		

Die dritte Tabelle enthält die Werthe, die ich für vierzehn aufeinanderfolgende Mondsmonate für das monatliche Wachsthum meiner Kopf- und Barthaare, sowie für beide zusammen gefunden habe, mit Beifügung der mittleren Temperaturen nach den sorgfältigen Angaben Dorna's.

[1]) Die Mittelwerthe für die einzelnen Monate sind aus den Zahlen berechnet, welche für die Herren L. Pagliani, S. Pagliani, Demaria und Raseri gefunden wurden. Nur der Mittelwerth von December ist hiervon ausgenommen, weil in diesem Monat die Zahl für Herrn Prof. L. Pagliani fehlt, weshalb der betreffende Mittelwerth in Klammern steht. Ich wollte für die Mittelwerthe nur die Zahlen berücksichtigen, die beim Schneiden nach einem einzigen Mondsmonat erhalten wurden.

Es wird auffallen, dass in dieser Tabelle der Monat September zwischen den Monaten August und October zweimal vorkommt, worauf ich in der Tabelle selbst mit Ausrufungszeichen aufmerksam machte. Es verhält sich damit so, dass der eine dieser als September bezeichneten Monate 14 Tage des September und 14 Tage des August enthält, der andere 16 Tage vom September und 12 vom October. Im letzteren Falle ist die Regel: a potiori fit denominatio, angewandt, im ersteren könnte die Eintheilung willkürlich scheinen, wäre es nicht, dass dem vorhergehenden Monat August 18 Tage angehören. Bei der Behandlung des Einflusses der Jahreszeiten auf das Wachsthum der Haare wird sich ergeben, dass diese kleine Willkür keinerlei Nachtheil mit sich führte.

Ich muss bemerken, dass ich meinen Bart ringsum die Backen und unter dem Kinne („alla marinara") trage, also von einer Schläfe zur andern, die Lippen und den medialen Theil der Wangen frei lassend. Ich bedaure, dass ich keine Zahlen besitze für das Wachsthum derjenigen Barthaare, die ich mir wegschere; ich hatte keine Zeit, sie zu sammeln. Daher rührt wahrscheinlich der geringere Werth, den ich für das Wachsthum der Barthaare erhielt, verglichen mit demjenigen, den Berthold, als er 46 Jahre zählte, an sich selber gewann. Berthold erzeugte nämlich in 365 Tagen 16,63 Gramm Barthaare[1]), während ich in derselben Zeit nur 7,83 lieferte[2]). Es ist daher zu vermuthen, dass Berthold sich den Bart vollständig abschor, obgleich er es nicht ausdrücklich sagt.

Auf dem Scheitel ist mein Kopf in grosser Ausdehnung kahl, so dass die Gewichte, die ich an mir selber erhielt, keinen Massstab abgeben für die Thätigkeit der Haarerzeugung. Ich habe dennoch mit Ausdauer die Versuche an mir selber fortgesetzt, denn wenn sie auch nicht den ganzen Haarwuchs kennen lehren, der bei einem 53jährigen Manne möglich ist, so zeigen sie dafür um so deutlicher den Einfluss der Jahreszeiten auf das Wachsthum der Haare.

---

[1]) Berthold, Müller's Archiv, 1850, p. 159.
[2]) In 392 Tagen: 8,41, siehe Tabelle III.

Tabelle III.

Gewicht der abgeschnittenen Haare in Gramm.

Tag, an dem die Haare abgeschnitten wurden.	Monat, in dem die Haare gewachsen waren.	Kopfhaare.	Barthaare.	Kopf- und Barthaare zusammen.	Mittlere Temperatur des Monats.
26. Mai 1875	Mai 1875	1,93	0,68	2,61	19°,7
23. Juni „	Juni „	1,88	0,66	2,54	21°,3
21. Juli „	Juli „	1,88	0,64	2,52	21°,7
18. August „	August „	1,85	0,74	2,59	23°,4
15. September „	September „	1,77	0,58	2,35	19°,2
13. October „	September „ !	1,46	0,62	2,08	19°,2 !
10. November „	October „	1,60	0,53	2,13	12°,7
8. December „	November „	1,31	0,54	1,85	6°,2
5. Januar 1876	December „	0,87	0,49	1,36	1°,9
2. Februar „	Januar 1876	0,93	0,61	1,54	0°,5
1. März[1]) „	Februar „	1,30	0,52	1,82	3°,0
28. März „	März „	1,49	0,59	2,08	8°,7
26. April „	April „	1,28	0,63	1,91	12°,1
24. Mai „	Mai „	1,27	0,58	1,85	14°,8
Summa in 392 Tagen:		20,82	8,41	29,23	
Mittelwerth für 28 Tage:		1,49	0,60	2,09	
Mittelwerth für 1 Tag:		0,05	0,02	0,07	

Aus den hier gesammelten Erfahrungen ersieht man, dass ein Jüngling von 23 Jahren in Jahresfrist etwas mehr als 100 Gramm an Kopfhaaren zu erzeugen im Stande ist, wenn ihm diese so geschnitten werden, dass man sie so gut als möglich auf gleicher Länge erhält [2]).

Ich stelle hier die Zahlen zusammen, die das tägliche Wachsthum der Kopfhaare bei Jünglingen zwischen 18 und 26 Jahren bezeichnen:

Name.	Alter.	Tägliches Haargewicht.
S. Pagliani	18 Jahre	0,23 Gramm.
Morra	21 „	0,14 „
Raseri	21 „	0,20 „
Losio	22 „	0,21 „
Demaria	23 „	0,28 „
Gasca	23 „	0,20 „
Caselle	25 „	0,20 „
L. Pagliani	26 „	0,18 „

[1]) Das Jahr 1876 war ein Schaltjahr.

[2]) Siehe Demaria in Tabelle I.

Das Mittel aus diesen Werthen wäre 0,20, das Minimum 0,14, das Maximum 0,28.

Um zu berechnen, wieviel Stickstoff 20 Centigramm Haare vorstellen, war es nöthig das Verhältniss zu kennen, in welchem sie ausser Hornstoff die andern wesentlichen Bestandtheile führen, nämlich Wasser, Fette und Mineralstoffe.

Für das Fett und die Asche der Haare besitzt die Wissenschaft seit längerer Zeit Untersuchungen von Schlossberger, van Laer, von Bibra, von Gorup-Besanez. Für den Wassergehalt habe ich jedoch vergebens nach früheren Bestimmungen gesucht. Ich musste sie daher selbst vornehmen, nicht blos um die Stickstoffausgabe des Körpers in Form von Haaren berechnen zu können, sondern auch um zu ermitteln, ob die Jahreszeit auf die Wassermenge dieses Horngebildes einen Einfluss ausübt [1]).

Hier folgen die Zahlen, die ich für den Wassergehalt meiner Kopfhaare gefunden habe, nebst einer Bestimmung, die Luigi Pagliani an den seinigen ausgeführt hat.

Monat, in dem die Haare geschnitten wurden.		Wasser in 100 Theilen.	Beobachter.
Januar	1876	10,80	Moleschott.
„	1877	11,56	„
März	1876	11,08	„
Juni	„	12,08	„
Juli	1875	16,48	„
August	„	17,08	„
„	1876	14,14	„
September	1875	12,45	L. Pagliani.
October	1876	12,57	Moleschott.

Das Mittel dieser Bestimmungen ist 13,14 % für den Wassergehalt der Haare.

Für den Fettgehalt theilt Schlossberger folgende Zahlen mit [2]):

[1]) Siehe Jac. Moleschott, Ueber den Wassergehalt einiger Horngewebe des menschlichen Körpers, im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 175—186.

[2]) Schlossberger, Erster Versuch einer allgemeinen und vergleichenden Thierchemie, Bd. I, Leipzig und Heidelberg, 1856, S. 286.

in rothen Haaren	3,40 %
„ braunen „	3,40 „
„ „ „	5,77 „
Mittel	4,19 %.

Ueber den Gehalt an Mineralbestandtheilen in den Haaren ertheilen folgende Zahlen Auskunft:

braune	Haare	0,54 %	Van Laer
„	„	1,10 „	„
schwarze	„	1,02 „	„
„	„	1,15 „	„
rothe	„	1,30 „	„
„	„	1,85 „	„
„	„	0,54 „	„
graue	„	1,00 „	„
„	„	0,75 „	„
braune	„	1,57 „	Von Gorup-Besanez
weisse	„	1,20 „	„
rothe	„	0,41 „	Von Bibra
braune	„	1,78 „	„
„	„	0,34 „	„ [1])
Mittel		1,04 %.	

Nach diesen Analysen lässt sich für die chemische Zusammensetzung der Kopfhaare folgendes Bild entwerfen:

Hornstoff	82 %
Fett	4 „
Asche	1 „
Wasser	13 „.

Der Stickstoffgehalt im Hornstoff der Kopfhaare beträgt:

nach Scherer	17,9 %
„ van Laer	17,1 %,

im Mittel folglich 17,5 %.

Wenn also Jünglinge durchschnittlich in 24 Stunden 200 Milli-

[1]) Schlossberger, a. a. O., S. 282, 285.

gramm an Kopfhaaren erzeugen, und diese 164 Milligramm Hornstoff mit 17,5 % Stickstoff enthalten, so würde die tägliche Stickstoffausfuhr durch die Kopfhaare im Mittel 28,7 Milligramm betragen.

Die geringste Haarbildung, 0,14 am Tag, entspricht 0,020, und die grösste, die sich auf 0,28 in 24 Stunden belief, ergiebt 0,040 für die tägliche Ausgabe an Stickstoff.

Nun enthält aber der Harnstoff 46,667 % Stickstoff, folglich entsprechen

Haare.	Stickstoff.	Harnstoff.
0,20	oder 0,0287	0,0615
0,14	„ 0,020	0,0428
0,28	„ 0,040	0,0856.

Gewiss sind 6 Centigramm Harnstoff nicht hoch anzuschlagen, wenn man bedenkt, dass ein erwachsener Mann, der arbeitet, allein mit dem Harn in 24 Stunden 31 Gramm, d. h. mehr als 500 Mal soviel Harnstoff ausscheidet.

Wir werden später sehen, um wie viel dieser Werth zunehmen kann, wenn wir die andern Horngebilde des Organismus berücksichtigen.

II. Ueber das Wachsthum der Haare im Verhältniss zum Lebensalter und zum Gewicht des Individuums.

Um das mittlere Wachsthum der Haare dem Gewicht nach zu berechnen, habe ich nur Individuen jüngern Alters berücksichtigt und fand den Werth zwischen 18 und 26 Jahren gleich 0,20 Gramm [1]). Die betreffenden Zahlen rührten von acht Jünglingen her. Wenn man das Minimum gleich 0,14, und das Maximum 0,28, die zufälliger Weise für sich den gleichen Mittelwerth ergeben, ausschliesst, dann bleiben die folgenden sechs Werthe übrig:

---

[1]) Siehe oben S. 195.

S. Pagliani	18	Jahre	0,23
Raseri	21	„	0,20
Losio	22	„	0,21
Gasca	23	„	0,20
Caselle	25	„	0,20
L. Pagliani	26	„	0,18.

Das Mittel bleibt 0,20 und die grössten Unterschiede sind + 0,03 und — 0,02.

Für das reife Mannesalter besitze ich zwei Beispiele, die sich zum Vergleich eignen:

Fubini	32	Jahre	0,12
Gatto	45	„	0,16
Mittel			0,14.

Hiernach ist das tägliche Wachsthum der Haare

zwischen 18 und 26 Jahren, zwischen 32 und 45 Jahren

0,20 0,14.

Somit ergiebt sich, dass in der Jugend die Kopfhaare schneller wachsen, als im mittleren Lebensalter.

Meine Glatze gestattet keinen Vergleich zwischen dem Wachsthum meiner Haare und demjenigen der anderen Versuchspersonen. Die Ausdehnung meines kahlen Scheitels mag etwa $^2/_5$ der Gesammtoberfläche betragen, die auf meinem Kopf mit Haaren versehen sein sollte. Der für mich gefundene Mittelwerth war 0,05, er würde also zu 0,083 ansteigen, wenn man annehmen dürfte, dass mein kahler Scheitel im Verhältniss seiner Oberfläche eben so viel Haar erzeugt hätte, wie die mit Haar bewachsene Gegend meines Kopfs. Immerhin wäre diese Zahl viel kleiner als die Mittelwerthe für die Jugend und das mittlere Mannesalter.

Man könnte einwenden, dass ich mir auch den Bart schnitt und dass die Oberfläche, die ich abschere, wiederum etwa $^2/_5$ der ganzen Ausdehnung beträgt, in welcher meine Barthaare wachsen. Da ich nun für das tägliche Wachsthum meines Bartes 0,02 gefunden habe, so würden unter Annahme, dass diese Zahl nur $^2/_5$ des gesammten Bartwuchses beträgt, die täglich von mir erzeugten Barthaare 0,033

wiegen, folglich Bart und Haare zusammen 0,116. Selbst wenn man annehmen wollte, dass mit Rücksicht auf meine Kahlheit und die Ausdehnung, in der ich den Bart nicht wachsen lasse, die von mir erhaltene Zahl für die Summe von Kopf- und Barthaaren verdoppelt werden müsste, um sie mit den andern Werthen vergleichen zu können, so würde sich nach dem in Tabelle III verzeichneten Werth 0,07 doch nur 0,41 ergeben, und auch dieser Werth erreicht nur das Mittel der Beobachtungen bei Männern von 32 und 45 Jahren.

Auf alle Fälle führen unsere Wägungen zu dem Schlusse, dass die Erzeugung der Haare mit zunehmendem Alter merklich abnimmt.

In der Absicht zu prüfen, ob unsere Untersuchungen eine Beziehung zwischen Körpergewicht und Haarwuchs erkennen lassen, ordne ich hier die untersuchten Personen nach steigendem Körpergewicht mit Beifügung der täglichen Haarerzeugung.

	Körpergewicht in Kilogramm.	Täglicher Haarwuchs in Gramm.
S. Pagliani	53	0,23
Raseri	54	0,20
L. Pagliani	55	0,18
Gasca	56	0,20
Losio	56	0,21
Morra	59	0,14
Demaria	61	0,28
Fubini	64	0,12
Caselle	65	0,20
Gatto	78	0,16.

Der Gang dieser Zahlen ist sehr unregelmässig. Wenn wir jedoch das Minimum (Morra) und das Maximum (Demaria) unberücksichtigt lassen, und die Beobachtungen in zwei Gruppen theilen, so dass wir in der einen diejenigen zusammenstellen, die weniger, in der andern diejenigen, die mehr als 60 Kilo wiegen, dann ergiebt sich Folgendes:

	Körpergew. i. Kilogramm.	Haarwuchs in Gramm.		Körpergew. i. Kilogramm.	Haarwuchs in Gramm.
S. Pagliani.	53	0,23	Fubini.	64	0,12
Raseri.	54	0,20	Caselle.	65	0,20
L. Pagliani.	55	0,18	Gatto.	78	0,16
Gasca.	56	0,20			
Losio.	56	0,21			
Mittel . . .	55	0,204	Mittel . . .	69	0,16

Einem grösseren Körpergewicht entspricht der kleinere Haarwuchs, da aber Gewicht und Lebensalter in gleichem Sinne wachsen, so lässt sich hieraus für den Einfluss des Gewichtes nichts Besonderes erschliessen. Da der Unterschied im Haarwuchs nach dem Lebensalter grösser ist, scheint hier der Zusammenhang anderswo zu liegen. Die Thatsache erhellt aus folgender Uebersicht:

Mittleres Alter.	Täglicher Haarwuchs.	Mittleres Alter.	Täglicher Haarwuchs.
22,5 J.	0,20	38,5 J.	0,14
Mittleres Körpergewicht.		Mittleres Körpergewicht.	
55 K.	0,204	69 K.	0,16

III. Ueber den Einfluss der Jahreszeit auf den Haarwuchs.

Nach einem allgemein verbreiteten Glauben wachsen die Horngebilde im Sommer schneller als im Winter. Die Haarkünstler bezeugen es, diejenigen, die sich selbst den Bart scheren, sind davon überzeugt, mehr als überzeugt die armen Menschenkinder, welche an Hühneraugen leiden.

Das Gleiche scheint in den warmen Ländern stattzufinden, und man wird zur Annahme geneigt, dass dort unter der Sonnenhitze eine dickere Oberhaut erworben wird, die als schlechter Wärmeleiter sowohl beim Aufenthalt in heissen Ländern, wie bei dem Uebergang in ein kaltes Klima Schutz gewährt. Seit ich in Italien lebe, hat es

mich öfters überrascht, dass die Menschen hier im Allgemeinen viel weniger gegen Kälte empfindlich sind, als in nordischen Ländern. Zarte Damen fahren im Winter in offenen Wagen spazieren und Leute aus dem Volke sieht man in freier Luft arbeiten, nähen, stricken, schreiben, wie ich das mit solchem Gleichmuth in Holland oder Deutschland kaum jemals gesehen habe. Mit Rücksicht hierauf erzählte mir Sir Charles Lyell im Jahre 1862 in Turin, dass sein Bruder, der als Oberst viele Jahre in Indien gelebt hatte, im ersten Winter nach seiner Rückkehr, in England sich nicht genug darüber verwundern konnte, dass seine Bekannten immer über Kälte klagten, die er gar nicht empfand, während er im zweiten Winter so gut fror, wie die andern. Hatte er aus Indien eine dickere Oberhaut mitgebracht? und nähern sich etwa die Bewohner warmer Länder den Dickhäutern mehr als die armen Nordländer, die folglich nicht bloss im Ganzen, sondern auch verhältnissmässig mehr als jene zu leiden hätten?

Zu Gunsten der Ansicht, dass die Haare im Sommer schneller wachsen, als im Winter, haben sich schon ausgezeichnete Physiologen ausgesprochen. Es mag genügen Bichat zu nennen, der in dem letzten Abschnitt seiner allgemeinen Anatomie nicht nur das schnellere Wachsthum der Haare im Sommer anerkennt, sondern es auch durch eine grössere Thätigkeit der Haut in der warmen Jahreszeit zu erklären sucht [1]). Allein die Behauptung Bichat's ist nicht durch Messungen beglaubigt.

Allerdings besitzt die Wissenschaft einige Messungen der Nägel, die von Berthold und mir selber herrühren, ferner Beobachtungen von Berthold für die Haare [2]). Es scheint aber wünschenswerth,

---

[1]) Bichat, Anatomie générale, nouvelle édition, Paris 1812, Bd. IV, p. 823 „remarquez" sagt Bichat, . . . „que l'accroissement des poils (est) plus rapide . . . en été où l'organe cutané est spécialement en action, qu'en hiver ou il est resserré."

[2]) Vgl. Berthold, Beobachtungen über das quantitative Verhältniss der Nagel- und Haarbildung beim Menschen, Müller's Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin, 1850, S. 150—160; Jac. Moleschott, Physiologisches Skizzenbuch, Giessen 1861, p. 264, 265.

ein ergiebigeres Material, das an einer grösseren Anzahl von Individuen gesammelt wurde, dazu zu verwerthen, den Volksglauben zu prüfen, der zum ersten Mal durch quantitative Untersuchungen, die Berthold an einer einzigen Versuchsperson ausführte, unterstützt wurde.

Ich ordne daher in einigen kleinen Tabellen die Zahlen, welche wir für die Haare gewonnen haben. Um den Haarwuchs in den verschiedenen Jahreszeiten zu vergleichen, theile ich das Jahr in drei Abschnitte: den Sommer (Mai, Juni, Juli, August), den Winter (November, December, Januar, Februar) und die mittlere Jahreszeit (März, April, September, October).

Fubini.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	2,50	November 1874	2,00	April 1874	3,11
Juni „	3,30	December „	2,50	September „	3,40
Juli „	2,70	Januar 1875	1,81	October „	3,65
August „	4,00	Februar „	3,20	März 1875	5,40
				April „	5,34
Mittlere Wärme. 21°,1	Mittleres Wachsthum. 3,12	Mittlere Wärme. 2°,5	Mittleres Wachsthum. 2,35	Mittlere Wärme. 12°,7	Mittleres Wachsthum. 4,18

Gatto.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	4,47	November 1874	3,31	April 1874	4,68
Juni „	5,10	December „	3,30	September „	4,80
Juli „	4,70	Januar 1875	4,17	October „	4,31
August „	4,45	Februar „	5,08	März 1875	5,65
				April „	5,10
Mittlere Wärme. 21°,1	Mittleres Wachsthum. 4,68	Mittlere Wärme. 2°,5	Mittleres Wachsthum. 3,94	Mittlere Wärme. 12°,7	Mittleres Wachsthum. 4,91

Losio.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	6,15	November 1874	6,24	April 1874	7,70
Juni „	9,30	December „	5,00	October „	5,56
Juli „	5,90	Januar 1875	6,19	März 1875	6,90
		Februar „	4,53	April „	8,28
Mittlere Wärme. 21°,0	Mittleres Wachsthum. 7,12	Mittlere Wärme 2°,5	Mittleres Wachsthum. 5,49	Mittlere Wärme. 10°,2	Mittleres Wachsthum. 7,11

Gasca.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	5,50	November 1874	3,90	April 1874	6,06
Juni „	5,60	December „	4,00	September „	5,30
Juli „	5,30	Januar 1875	3,49	October „	5,83
August „	6,85			März 1875	7,30
				April „	7,78
Mittlere Wärme. 21°,1	Mittleres Wachsthum. 5,81	Mittlere Wärme. 3°,2	Mittleres Wachsthum. 3,80	Mittlere Wärme. 12°,7	Mittleres Wachsthum. 6,45

Caselle.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	5,80	November 1874	3,56	April 1874	5,30
Juni „	7,95	December „	5,50	September „	5,80
Juli „	6,80	Januar 1875	5,17	October „	4,89
August „	5,23				
Mittlere Wärme. 21°,1	Mittleres Wachsthum. 6,44	Mittlere Wärme. 3°,2	Mittleres Wachsthum. 4,74	Mittlere Wärme. 15°,8	Mittleres Wachsthum. 5,33

S. Pagliani.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	4,52	December 1874	6,10	April 1874	8,00
Juni „	8,05	Januar 1875	6,40	März 1875	6,00
Juli „	4,90	Februar „	5,78	April „	7,10
Mittlere Wärme. 21°,0	Mittleres Wachsthum. 5,82	Mittlere Wärme. 3°,3	Mittleres Wachsthum. 6,09	Mittlere Wärme. 10°,2	Mittleres Wachsthum. 7,03

Demaria.

Sommer.		Winter.		Mittlere Jahreszeit.	
Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai 1874	8,60	November 1874	8,26	April 1874	7,82
Juni „	8,90	December „	5,60	October „	5,99
Juli „	9,10			März 1875	8,00
				April „	8,15
Mittlere Wärme. 21°,0	Mittleres Wachsthum. 8,87	Mittlere Wärme. 3°,8	Mittleres Wachsthum. 6,93	Mittlere Wärme. 10°,9	Mittleres Wachsthum. 7,49

Indem ich die Beobachtungsreihen vernachlässige, in welchen die Wägungen für dieselbe Versuchsperson sich nicht wenigstens auf zwei Monate derselben Jahreszeit bezogen, vereinige ich in einer kleinen Tabelle die Mittelwerthe des Haarwuchses in 28 Tagen, wie sie sich für sieben Individuen in den verschiedenen Jahreszeiten desselben Jahres, vom April 1874 bis zum April 1875, ergaben.

	Sommer.	Winter.	Mittlere Jahreszeit.
Fubini.	3,12	2,35	4,18
Gatto.	4,68	3,94	4,91
Losio.	7,12	5,49	7,11
Gasca.	5,81	3,80	6,45
Caselle.	6,44	4,74	5,33
S. Pagliani.	5,82	6,09	7,03
Demaria.	8,87	6,93	7,49
Mittelwerthe .	5,96	4,76	6,07

Aus diesem Ueberblick erhellt, dass die Haare im Sommer schneller wachsen als im Winter, dass dagegen zwischen dem Sommer und der mittleren Jahreszeit nur ein geringer oder kein Unterschied besteht. Wenn wir nämlich

im Winter das Wachsthum = 100 setzen,
dann wird das für den Sommer = 125
und das für die mittlere Jahreszeit = 127.

Die einzige Ausnahme von dieser Regel ward bei Herrn Stefano Pagliani beobachtet, bei welchem der Haarwuchs im Winter den des Sommers ein wenig übertraf, während beide Werthe für Sommer und Winter erheblich hinter dem für die mittlere Jahreszeit zurückblieben.

In die letzte Uebersichtstabelle habe ich die an mir selber angestellten Beobachtungen nicht aufgenommen, weil sie sich auf ein anderes Jahr beziehen, da ich sie vom Mai 1875 bis zum Mai 1876 angestellt habe. Ich lasse sie hier nachfolgen. (Siehe nächste Tabelle.)

Auch in dieser Reihe von Wägungen übertrifft der Sommer den Winter. Die mittlere Jahreszeit ergiebt hier gleichfalls einen höhern Werth als der Winter, aber sie steht doch merklich gegen den Sommer zurück, was bei den Jünglingen nur zweimal der Fall war, bei den Herren Caselle und Demaria. Wenn man das Mittel nach den für mich gefundenen Zahlen und den in der Uebersichtstabelle (s. oben) zusammengestellten vereinigt berechnet, dann findet man für den Haarwuchs in 28 Tagen

im Sommer	im Winter	in der mittleren Jahreszeit
5,45	4,30	5,50.

Moleschott.

Kopfhaare.

Sommer.			Winter.			Mittlere Jahreszeit.		
Monat.		Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.		Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.		Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai	1875	1,93	November	1875	1,31	September	1875	1,77
Juni	„	1,88	December	„	0,87	„	! [1]	1,46
Juli	„	1,88	Januar	1876	0,93	October	„	1,60
August	„	1,85	Februar	„	1,30	März	1876	1,49
Mai	1876	1,27				April	„	1,28
Mittlere Wärme. 20°,2		Mittleres Wachsthum. 1,76	Mittlere Wärme. 2°,9		Mittleres Wachsthum. 1,10	Mittlere Wärme. 13°,2		Mittleres Wachsthum. 1,52

Für meinen Bart erhielt ich ähnliche Ergebnisse, wie für mein Kopfhaar. An mir selber fand ich für jenen, wie für dieses in der mittleren Jahreszeit einen Werth, der die Mitte hielt zwischen denen des Winters und des Sommers.

Haarwuchs in 28 Tagen.	Winter.		Mittlere Jahreszeit.		Sommer.
Kopfhaar	1,10		1,52		1,76
also im Verhältniss von	100	:	138	:	160
Barthaar	0,54		0,59		0,66
also im Verhältniss von	100	:	109	:	122.

Folgende Tabelle, in der die Zahlen für meinen Bart verzeichnet sind, lehrt, wie schon aus den obigen Mittelzahlen erhellt, dass der Einfluss der Jahreszeit für das Wachsthum meines Bartes zwar deutlich, aber weniger erheblich ist, als für das Kopfhaar.

Berthold, der ähnliche Untersuchungen mit seinem Barte vorgenommen, fand das Wachsthum

in den sechs Sommermonaten = 8,505 Gramm
„ „ „ Wintermonaten = 8,126 „ [2],

[1] Siehe oben S. 193, die Erklärung des doppelten Septembers.
[2] Berthold, a. a. O., S. 159.

Moleschott.

Barthaare.

Sommer.			Winter.			Mittlere Jahreszeit.		
Monat.		Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.		Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.		Haarwuchs in 28 Tagen.
Mai	1875	0,68	November	1875	0,54	September	1875	0,58
Juni	„	0,66	December	„	0,49	„	! [1])	0,62
Juli	„	0,64	Januar	1876	0,61	October	„	0,53
August	„	0,74	Februar	„	0,52	März	1876	0,59
Mai	1876	0,58				April	„	0,63
Mittlere Wärme. 20°,2		Mittleres Wachsthum. 0,66	Mittlere Wärme. 2°,9		Mittleres Wachsthum. 0,54	Mittlere Wärme. 13°,2		Mittleres Wachsthum. 0,59

oder zwischen den Werthen des Winters und Sommers das Verhältniss 100 : 105, folglich einen geringeren Unterschied, als ich ihn an mir selber wahrgenommen. Denn wenn ich meine Zahlen für sechs Sommermonate und sechs Wintermonate zusammenordne, erhalte ich für das Wachsthum meines Bartes:

im Sommer.				im Winter.			
April	1876	. .	0,63	October	1875	. .	0,53
Mai	1875	. .	0,68	November	„	. .	0,54
Juni	„	. .	0,66	December	„	. .	0,49
Juli	„	. .	0,64	Januar	1876	. .	0,61
August	„	. .	0,74	Februar	„	. .	0,52
September	„	. .	0,58	März	„	. .	0,59
Mittel		. . . . .	0,65.	Mittel		. . . . .	0,55.

Das Verhältniss von 0,55 zu 0,65 für Winter und Sommer entspricht also für meinen Bartwuchs dem von 100 : 118.

Unzweifelhaft geht aus diesen Untersuchungen hervor, dass die Haare im Sommer schneller wachsen, als im Winter, und dass das Wachsthum in der mittleren Jahreszeit dasjenige des Sommers häufig

[1]) Siehe oben S. 193, wo diese Wiederholung des Monats September erklärt ist.

erreicht, ja sogar nicht selten übertrifft. (Fubini, Gatto, Gasca, S. Pagliani.)

Sollte also der schnellere Haarwuchs im Sommer von der höhern Wärme herrühren, was noch zu erweisen bleibt, dann müsste man glauben, dass ähnlich, wie man das von den Nervenreizen kennt, die schnelle Erhöhung der Wärme grösseren Einfluss hat, als das Andauern eines höhern Wärmegrades.

Zur Bestätigung dieser Auffassung mag dienen, dass im Frühling der Haarwuchs in der Regel schneller fortschreitet als im Herbst. Die Tabelle IV kann es ausweisen, in welcher die Zahlen für März und April denen für September und October gegenüber gestellt sind. Die einzige Ausnahme lieferte ich selbst, indem mein Kopfhaar im Herbste schneller wuchs, als im Frühjahr. Freilich wird die Ausnahme dadurch ausgeglichen, dass mein Bart im Frühling schneller zunahm als im Herbst, wie folgende Zahlen ergeben:

	Frühling.	Herbst.	
März 1876	0,59	0,60	September 1875
April „	0,63	0,53	October „
Mittel . .	0,61	0,565	

Der Unterschied zwischen dem Wachsthum im Frühling und Herbst ist also nahezu gleich dem für Sommer und Winter, zumal wenn wir uns an die Mittelwerthe halten, welche für alle Individuen, die hinlängliche Zahlen geliefert haben, berechnet wurden, mich selbst einbegriffen. Die Verhältnisse sind folgende:

Frühling 5,85 : 4,39 Herbst
Sommer 5,45 : 4,30 Winter,

oder wenn wir den Winter = 100 setzen:

Frühling 136 102 Herbst
Sommer 127 100 Winter.

Diese Zusammenstellungen sprechen noch deutlicher dafür, dass hauptsächlich das Eintreten der Wärme den Haarwuchs beschleunigt, denn wie man sieht, ist die Zunahme im Frühling noch grösser als im Sommer. Dazu kommt noch, dass die Monate März und April

Tabelle IV.

Haarwuchs im Frühling und Herbst.

	Frühling.		Herbst.	
	Monat.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Monat.
Fubini.	März 1875	5,40	3,40	September 1874
	April 1874	3,11	3,65	October „
	„ 1875	5,34	—	
Gatto.	März „	5,65	4,80	September „
	April 1874	4,68	4,31	October „
	„ 1875	5,10	—	
Losio.	März „	6,90	—	
	April 1874	7,70	5,56	October „
	„ 1875	8,28	—	
Gasca.	März „	7,30	5,30	September „
	April 1874	6,06	5,83	October „
	„ 1875	7,78	—	
Caselle.	„ 1874	5,30	5,80	September „
		—	4,89	October „
Demaria.	März 1875	8,00	—	
	April 1874	7,82	5,99	October „
	„ 1875	8,15	—	
Moleschott.	März 1876	1,49	1,61	September 1875
	April „	1,28	1,60	October „
	Mittel	5,85	4,39	

eine geringere Wärme besassen, als die Monate September und October, wie ich wiederum dem Turiner Meteorologischen Bulletin entnehme:

Mittlere Wärme.

März	1875	4°,7	September 1874	20°,0
April	1874	14,1	October „	13,3
April	1874	11,7	Mittel	16°,6
Mittel		10°,2		
März	1876	8°,7	September 1875	19°,2
April	„	12,1	October „	12,7
Mittel		10°,4	Mittel	15°,9.

Es wäre also nicht statthaft, geradezu zu behaupten, dass die Haare in den warmen Monaten schneller wachsen, als in den kalten, da das Wachsthum im Frühling schneller erfolgt, als im Herbst, selbst wenn die mittlere Herbstwärme die des Frühlings um etwa 6° über-

trifft. Man muss vielmehr sagen, dass im Frühling und Sommer ein grösseres Haargewicht erzeugt wird, als im Herbst und Winter, dass zwischen Frühling und Sommer nur ein kleiner Unterschied besteht, und ein noch kleinerer zwischen Herbst und Winter. Dabei ist zu betonen, dass der Haarwuchs im Frühling den des Sommers etwas übertrifft.

Nun fragt sich's, ob jenes Mehrgewicht ganz und gar auf die Erzeugung von Hornstoff bezogen werden darf.

Da das Wasser nach dem Hornstoff derjenige Bestandtheil ist, der am reichlichsten in den Haaren vorkommt, so habe ich es für nöthig gehalten, eine hinlängliche Zahl von Wasserbestimmungen auszuführen, um zu erkennen, in welchem Grade seine Menge wechseln kann [1]). Ich wiederhole hier meine Befunde mit Beifügung der relativen Feuchtigkeit zur Stunde, in der die Haare geschnitten wurden, nach Dorna's Angaben.

Kopfhaar.

Winter.			Sommer.			Mittlere Jahreszeit.		
Datum.	Wassergehalt in 100 Theilen.	Relative Feuchtigkeit.	Datum.	Wassergehalt in 100 Theilen.	Relative Feuchtigkeit.	Datum.	Wassergehalt in 100 Theilen.	Relative Feuchtigkeit.
5. Januar 1876	10,80	88	26. Juni 1876	12.08	66	28. März 1876	12,08	93
10. „ 1877	11,56	97	21. Juli 1875	16,48	59	28. Septbr. 1875	12,45	52
			18. August „	17,08	58	26. Octbr. 1876	12,57	75
Mittel . . .	11,18	92	30. „ 1876	14,14	61			
			Mittel . . .	14,94	61	Mittel . . .	12,36	73

Es ergeben sich hieraus folgende Mittelwerthe:

H_2O in 100 Theilen Kopfhaar.

Sommer.	Winter.	Mittlere Jahreszeit.
14,94	11,18	12,36,

und wenn wir den Winter = 100 setzen:

Sommer.	Winter.	Mittlere Jahreszeit.
132	100	110.

[1]) Vgl. Jac. Moleschott, Ueber den Wassergehalt einiger Horngewebe des menschlichen Körpers, im vorliegenden Bande dieser Zeitschrift, S. 175 u. folg.

Aehnliche, wenn auch geringere Unterschiede, erhielt ich für mein Barthaar, und ich theile hier meine Zahlen in derselben Ordnung mit, wie für das Kopfhaar, da der gleiche Befund für beide gewiss von Wichtigkeit ist. Ich erwähne hier im Voraus, dass ich für meine Nägel die gleiche Thatsache ermittelt habe.

Barthaar.

Winter.			Sommer.			Mittlere Jahreszeit.		
Datum.	Wassergehalt in 100 Theilen.	Relative Feuchtigkeit.	Datum.	Wassergehalt in 100 Theilen.	Relative Feuchtigkeit.	Datum.	Wassergehalt in 100 Theilen.	Relative Feuchtigkeit.
10. Januar 1877	12.22	97	18. August 1875	15,11	62	1. März 1876	12,40	70
13. Februar „	10,11	72	2. „ 1876	12,39	65	15. Septbr. 1875	13,95	71
			30. „ „	13,63	61			
Mittel . . .	11,16	84	Mittel . . .	13,71	63	Mittel . . .	13,17	70,5

Ich stelle hier die Mittel für die einzelnen Jahreszeiten zusammen:

H_2O in 100 Theilen Barthaar.

Sommer.	Winter.	Mittlere Jahreszeit.
13,71	11,16	13,17

und, indem ich von Neuem für den Winter die Einheit = 100 annehme:

Sommer.	Winter.	Mittlere Jahreszeit.
123	100	119

Während die Mittelwerthe für den Wassergehalt für Bart- (11,16%) und Kopfhaar (11,18%) im Winter gleich sind, lehren meine Zahlen, dass das Kopfhaar (14,94%) im Sommer reicher an Wasser ist, als das Barthaar (13,71%), in der mittleren Jahreszeit dagegen der Bart etwas reicher (13,17%) als das Kopfhaar (12,36%).

Die Mittelwerthe, die sich aus sämmtlichen Bestimmungen für Kopf- und Barthaar ergeben, stehen sich sehr nahe:

H_2O in 100 Theilen

Kopfhaar	Barthaar
13,14	12,83.

Da ich in der oben angeführten Abhandlung den verschiedenen Wassergehalt, den die Haare je nach der Jahreszeit besitzen, genauer

besprochen habe, so bleibt mir hier nur zu untersuchen, in wie weit der im Sommer beschleunigte Haarwuchs mit dem grösseren Wassergehalt zusammenhängt, um zu prüfen, ob im Sommer wirklich eine grössere Menge Hornstoff erzeugt wird.

Für die Salze und für das Fett der Haare kennt man derartige Unterschiede nicht. Ich muss mich also unter Benützung meiner Mittelwerthe für das Wasser und der oben angegebenen Zahlen für Fett und Asche [1]) damit begnügen, die folgende kleine Tabelle für die Zusammensetzung der Kopfhaare im Sommer und Winter zu entwerfen.

In 100 Theilen.	Sommer.	Winter.
Hornstoff . .	80	84
Fett	4	4
Asche . . .	1	1
Wasser . . .	15	11

Wenn wir diese Zahlen zu Grunde legen, um die während eines Monats im Kopfhaar gebildeten Mengen Hornstoff im Sommer und Winter zu vergleichen, dann erhalten wir

für den Sommer	für den Winter
4,36	3,61,

d. h. zwischen Winter und Sommer das Verhältniss von 100 : 118, während die unmittelbar gefundenen Zahlen

$$4{,}30 : 5{,}45 = 100 : 127$$

ergeben, wenn wir den auf Seite 208 berechneten Mittelwerth benützen.

Die im Sommer beobachtete Zunahme des Wassergehaltes erklärt also nur für ein Drittel den grössern Haarwuchs, woraus folgt, dass in der That dem schnelleren Wachsthum der Haare eine grössere Erzeugung von Hornstoff entspricht. Und was für den Sommer gilt, findet um so mehr Anwendung auf den Frühling, in welchem die Haarerzeugung noch etwas grösser, der Wassergehalt dagegen kleiner ist, als während des Sommers.

Was aber für das Kopfhaar gilt, wird für das Barthaar nur um so deutlicher, weil dessen Wassergehalt im Sommer den im Winter

[1]) Vgl. oben S. 195, 196.

vorhandenen weniger übertrifft, als beim Kopfhaar. Ich enthalte mich also des Nachweises dieses Verhaltens durch weitere Tabellen, da es durch die früheren Zahlen klar dargelegt ist, und bei der Behandlung der Nägel noch ein Mal zur Sprache kommen wird.

IV. Ueber den Einfluss der Häufigkeit des Haarschneidens auf den Haarwuchs.

Ebenso verbreitet wie die Ansicht, dass die Haare im Sommer schneller wachsen, als im Winter, ist diejenige, dass der Haarwuchs durch häufiges Schneiden beschleunigt wird. Bis jetzt hat jedoch nur Berthold Beobachtungen bekannt gemacht, um zu untersuchen, ob die Ansicht begründet ist.

In den von mir gesammelten Zahlen findet sich Material, um sie auf breiter Grundlage zu prüfen. Sollte das Ergebniss meiner Beobachtungen mit dem von Berthold veröffentlichten übereinstimmen, dann wird die Bestätigung doppelten Werth haben, weil ich meine Beobachtungen auf längere Zeiträume ausdehnte, als Berthold, der überdies eine andere Methode befolgte [1]).

Es traf sich wiederholt, dass einer der bei diesen Untersuchungen Betheiligten, sei es, dass er von Turin abwesend war, oder aus andern Gründen, zwei Monate statt eines einzigen verstreichen lassen musste, bevor er sich die Haare schneiden liess. Auch mir war dies im Jahre 1874/5 zwei Mal begegnet, während ich vom Jahre 1875/6, wie Tabelle III, S. 194 ausweist, eine Reihe von 14 aufeinanderfolgenden Monaten besitze, in welcher meine Haare regelmässig nach je 28 Tagen geschnitten wurden.

Um also zu beurtheilen, ob das mehr oder weniger häufige Schneiden auf die Schnelligkeit des Haarwuchses von Einfluss ist, haben wir Nichts weiter zu thun, als die Werthe, die am Ende von

---

[1]) Vgl. S. 217.

zwei Monaten für die betreffenden Individuen gefunden worden, zu halbiren und sie mit den Gewichten zu vergleichen, die in dem vorangehenden und nächstfolgenden Monat beim Schnitt nach Einem einzigen Monat erhalten wurden. Ich lasse die betreffenden Tabellen hier folgen.

Losio.

Name des Monats.		Haarwuchs in 1 Monat.	Haarwuchs in der Hälfte von 2 Monaten.
Juli	1874	5,90	
August und September	„		3,25
October	„	5,56	
Mittel		5,73	3,25

S. Pagliani.

Name des Monats.		Haarwuchs in 1 Monat.	Haarwuchs in der Hälfte von 2 Monaten.
Juni	1874	8,05	
Juli	„	4,90	
August und September	„		7,90
October und November	„		5,48
December	„	6,10	
Mittel		6,35	6,69

Demaria.

Name des Monats.		Haarwuchs in 1 Monat.	Haarwuchs in der Hälfte von 2 Monaten.
Juli	1874	9,10	
August und September	„		8,15
October und November	„		7,12
December	„	5,60	
Januar und Februar	1875		8,00
März	„	8,00	
Mittel		7,57	7,76

Raseri.

Name des Monats.		Haarwuchs in 1 Monat.	Haarwuchs in der Hälfte von 2 Monaten.
Juli	1874	7,11	
August und September	„		5,35
October und November	„		4,20
December	„	5,75	
Januar und Februar	1875		4,65
März	„	6,00	
Mittel		6,29	4,77

Moleschott.

Name des Monats.		Haarwuchs in 1 Monat.	Haarwuchs in der Hälfte von 2 Monaten.
August	1874	1,03	
September und October	„		0,85
November	„	0,93	
Februar	1875	1,23	
März und April	„		1,14
Mai	„	1,93	
Mittel		1,28	0,99

Unter den fünf Personen, welche für die Frage, die uns beschäftigt, die nöthigen Beobachtungen geliefert haben, hat sich für zwei, für die Herren Pagliani und Demaria, kein Einfluss der Häufigkeit des Schneidens herausgestellt, denn der kleine Unterschied, der zu Gunsten des Schnitts nach zwei Monaten beobachtet wurde, ist nicht so gross, dass er die Versuchsfehler, die dem Haarkünstler nur zu leicht begegnen konnten, aufwiegt. In der That, wenn wir die Mittelwerthe berücksichtigen:

	für 1 Monat	für die Hälfte von 2 Monaten
S. Pagliani	6,35	6,69
Demaria	7,57	7,76
Mittel	6,96	7,22,

finden wir das Verhältniss von 100 : 104.

Drei Personen dagegen, Losio, Raseri und Moleschott

ergaben einen ansehnlichen Unterschied zu Gunsten des häufigeren Schneidens:

	1 Monat.	Hälfte von 2 Monaten.
Losio.	5,73	3,25
Raseri.	6,29	4,77
Moleschott.	1,28	0,99
Mittel . .	4,43	3,00

oder für das Schneiden nach 2 Monaten und nach 1 Monat das Verhältniss 100 : 138.

Die Mittelwerthe für alle Versuchspersonen, die in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind, geben das Verhältniss 100 : 116 zu Gunsten des Schnitts nach je einem Monat im Vergleich mit dem Schneiden nach doppelt so langer Zeit.

	Mittlerer Haarwuchs in 28 Tagen beim Schnitt nach 1 Monat.	Mittlerer Haarwuchs in 28 Tagen beim Schnitt nach 2 Monaten.
Losio.	5,73	3,25
S. Pagliani.	6,35	6,69
Demaria.	7,57	7,76
Raseri.	6,29	4,77
Moleschott.	1,28	0,99
Mittel . . .	5,44	4,69

Aus diesen Zahlen lässt sich nur schliessen, dass die Haare schneller wachsen, wenn sie häufiger geschnitten werden. Und zu demselben Schlusse gelangte Berthold für das Barthaar.

Berthold schor sich den Bart mit einem guten Rasirmesser, nachdem er sich das Gesicht und den Hals mit Regenwasser benetzt hatte, ohne Seife zu benützen. Er wog die Haare, nachdem er sie vorher getrocknet hatte, und mass sie.

Indem Berthold die Länge der Haare mass, die nach je 36, 24 und 12 Stunden geschnitten wurden, und aus ihrer Länge berechnete, um wie viel sie in einem Jahr gewachsen sein würden, fand er für den Schnitt

nach 36 Stunden,	nach 24 Stunden,	nach 12 Stunden
0m,142	0m,68	0m,226

oder das Verhältniss von 100 : 118 : 160, wenn die Zeit des Wachsthums sich von 36 erst auf 24 und dann auf 12 Stunden, also jedesmal um $^1/_3$ der längsten Dauer verkürzte.

Zu einem ähnlichen Ergebniss gelangte Berthold, als er sein Barthaar wog. Das Gewicht, welches in 7 Tagen erreicht wurde, betrug, wenn er sich

alle	24 Stunden	oder alle	12 Stunden
schor:	0,334 Gramm		0,373 Gramm

was das Verhältniss von 100 : 112 [1]) ergab, während ich für dasselbe Zeitverhältniss, wobei die Einheit ein ganzer Monat war, für das Kopfhaar 100 : 116 erhielt (vgl. S. 216), was den von Berthold gefundenen Unterschied etwas übertrifft.

V. Ueber das Wachsthum der Nägel.

Obgleich ich das Wachsthum der Nägel schon ein ander Mal verfolgt habe, wollte ich es doch bei dieser Gelegenheit auf's Neue zusammen mit dem Haarwuchs untersuchen. Freilich besitze ich für die Nägel nur die an mir selber beobachteten Werthe.

Ich schnitt sie mir von Monat zu Monat, d. h. alle 28 Tage, so gut ich konnte zu immer gleicher Länge und wog sie sogleich auf einer Wage, die bei einer Belastung mit 100 Gramm für ein Zehntel Milligramm noch einen deutlichen Ausschlag gab. Da ich von den Nägeln nichts verlor, habe ich das Gewicht bis auf Ein Milligramm bestimmt, während ich bei den Haaren, mit Rücksicht auf einen kleinen unvermeidlichen Verlust, immer auf Centigramm abrundete.

In der Tabelle V sind die Wägungen für die einzelnen Monate und die mittleren Temperaturen des gleichnamigen Monats zusammen-

---

[1]) Berthold, Müller's Archiv, 1850, S. 158.

gestellt, mit dem Grad von Uebereinstimmung in der Zeiteintheilung, den der verschiedene Ausgangspunkt derselben gestattete.

Tabelle V.

Gewicht der abgeschnittenen Nägel in Gramm.

Tag des Schnitts.		Monat des Wachsthums.	Gewicht der Nägel.	Mittlere Wärme.
24. März	1875	März.	0,128	4°,7
21. April	„	April.	0,130	11°,7
19. Mai	„	Mai.	0,148	19°,7
16. Juni	„	Juni.	0,150	21°,3
14. Juli	„	Juli.	0,154	21°,7
11. August	„	Juli [1]).	0,148	21°,7
8. September	„	August.	0,158	23°,4
6. October	„	September.	0,134	19°,2
3. November	„	October.	0,134	12°,7
1. December	„	November.	0,126	6°,2
29. „	„	December.	0,129	1°,9
26. Januar	1876	Januar.	0,128	0°,5
23. Februar	„	Februar.	0,141	3°,0
22. März	„ [1])	März.	0,149	8°,7
Summe in 392 Tagen			1,957	
Mittel für 28 Tage			0,140	
Mittel für 1 Tag			0,005	

Die mittlere Nagelerzeugung an meinen Händen beträgt hiernach 5 Milligramm in 24 Stunden.

Im Jahre 1859, als ich 16 Jahre jünger war, fand ich für 24 Stunden einen Verlust von 5,7 Milligramm, was also der für das Kopfhaar gefundenen Thatsache, nach welcher die Hornbildung mit den Jahren abnimmt, eine neue Stütze verleiht [3]).

Um die Stickstoffmenge, die mit den abgeschnittenen Nägeln ausgeführt wird, zu beurtheilen, musste ich wieder den Wassergehalt dieser letzteren bestimmen. Es folgen hier fünf Bestimmungen von mir selber und eine, die ich der Güte des Professor Fubini verdanke.

[1]) Wegen der Wiederholung des Juli siehe S. 193.

[2]) Das Jahr 1876 war ein Schaltjahr.

[3]) Vgl. oben S. 198, 199 u. Jac. Moleschott, Physiologisches Skizzenbuch, Giessen 1861, S. 260.

Zeit, in der die Nägel geschnitten wurden.		Wassergehalt in 100 Theilen.	Versuchsperson u. Beobachter.
Februar	1876	11,18	Moleschott.
„	1877	8,51	„
Juli	1876	14,04	„
August	1875	17,68	„
„	„	14,60	Fubini.
October	„	16,45	Moleschott.
Mittel		13,74	

Ich kenne keine Bestimmungen für den Fettgehalt der Nägel. Schlossberger schreibt denselben 1 % Asche zu[1]), wonach sich folgendes Bild für die Zusammensetzung der Nägel entwerfen lässt:

Hornstoff	85 %
Asche	1 %
Wasser	14 %.

Da der Gehalt an Hornstoff durch Abzug erschlossen worden, und das Fett, das ohne Zweifel in den Nägeln vorkommt, nicht bestimmt ist, darf man mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass der Gehalt an Hornstoff mit 85 % etwas zu hoch gegriffen ist.

Nach Mulder enthält der

Hornstoff der Nägel . . .	17,5 % Stickstoff
nach Scherer	16,9 % „
also im Mittel	17,2 %.

Fünf Milligramm Nägel, mit 4,25 Milligramm Hornstoff, enthielten somit 0,73 Stickstoff, was dem Stickstoffgehalt von 1,56, oder in runder Zahl 1 ½ Milligramm Harnstoff entspricht, d. h. einer so geringen Menge, dass sie für sich allein im Haushalt des Stoffwechsels vernachlässigt werden könnte.

In einem ganzen Jahre würde die Nagelbildung an meinen Händen, nach den Wägungen des Jahres 1875/6 1,825 Gramm betragen, während sie im Jahr 1859 2,086 Gramm erreichte. Diesen Zahlen entspräche je bezüglich 0,267 und 0,315 Stickstoff, oder 0,572

[1]) Schlossberger, a. a. O., S. 281.

und 0,675 Harnstoff, während die Nieren allein in 365 Tagen 11315 Gramm oder etwa 17000 bis 20000 Mal so viel Harnstoff ausscheiden.

Jetzt wollen wir mit Hülfe der Tabelle VI untersuchen, ob die Jahreszeit auf die Nagelbildung einen ähnlichen Einfluss ausübt, wie auf den Haarwuchs.

Tabelle VI.

Gewicht der abgeschnittenen Nägel in den verschiedenen Jahreszeiten.

Sommer.			Winter.			Mittlere Jahreszeit.		
Monat.		Gewicht der in 28 Tagen gebildeten Nägel.	Monat.		Gewicht der in 28 Tagen gebildeten Nägel.	Monat.		Gewicht der in 28 Tagen gebildeten Nägel.
Mai	1875	0,148	November	1875	0,126	März	1875	0,128
Juni	„	0,150	December	„	0,129	April	„	0,130
Juli	„	0,154	Januar	1876	0,128	September	„	0,134
„	„ [1]	0,148	Februar	„	0,141	October	„	0,134
August	„	0,158				März	1876	0,149
Mittlere Wärme. 21°,8		Mittleres Wachsthum. 0,152	Mittlere Wärme. 2°,9		Mittleres Wachsthum. 0,131	Mittlere Wärme. 11°,4		Mittleres Wachsthum. 0,135

Wenn wir den Winter als Einheit = 100 setzen, dann finden wir die Nagelbildung in 28 Tagen

im Winter,		in der mittleren Jahreszeit,		im Sommer.
0,131	:	0,135	:	0,152
= 100	:	103	:	116.

Offenbar befördert also der Sommer das Wachsthum der Nägel, wenn auch in geringerem Grade als den Haarwuchs, für welchen das Verhältniss zwischen Winter und Sommer 100:127 ergab. (S. oben S. 205.)

Die mittlere Jahreszeit dagegen, in welcher die Haare eben so schnell wachsen, wie im Sommer, unterschied sich für die Nägel nur wenig vom Winter.

Für Winter und Sommer fand Berthold das Verhältniss von 100 : 131. Er fand nämlich, dass die Erneuung eines Nagels im Sommer nur 116 Tage, im Winter dagegen 152 Tage beansprucht.

[1] Wegen der Wiederholung des Monats Juli siehe S. 193.

In meinen Untersuchungen des Jahres 1859 erforderte der Nagel meines linken Zeigefingers für das Wachsthum um 11 Millimeter in die Länge

im Winter.	Frühling.	Sommer.	Herbst.
102	95	88	94,5 [1]

Tage, oder wenn wir den Winter = 100 setzen, ergaben sich die Verhältnisse:

Winter.		Frühling.		Sommer.		Herbst.
100	:	107	:	125	:	107.

Alle drei Beobachtungsreihen, die von Berthold, sowie die beiden von mir ausgeführten, die durch 16 Jahre von einander getrennt sind, führen für den Einfluss des Winters und Sommers zu demselben Ergebniss:

100	:	131	Berthold	
100	:	125	Moleschott	37 Jahre alt
100	:	116	„	53 „ alt.

Statt dessen war der Einfluss der mittleren Jahreszeit in meinen beiden Versuchsreihen wenig bemerkbar.

Winter.		Mittlere Jahreszeit.		
100	:	107	Moleschott	37 Jahre alt
100	:	103	„	53 „ alt.

Man darf aber aus diesen Zahlen nicht folgern, dass der Einfluss der Jahreszeit auf die Schnelligkeit der Hornbildung mit zunehmendem Alter abnimmt. Denn Berthold, der 46 Jahre zählte, fand einen grösseren Unterschied an sich, als ich, nicht blos als ich 53, sondern auch, als ich nur 37 Jahre zählte. Dazu kommt, dass mein Haarwuchs im Winter und Sommer sich verhielt wie

1,10 : 1,76 = 100 : 160,

während die Jünglinge 4,76 : 5,96 = 100 : 125

ergaben.

Meine ältern und meine neuern Beobachtungen zeigen für Früh-

[1] Jac. Moleschott, Physiologisches Skizzenbuch, S. 265.

ling und Herbst nur wenig Unterschied. Zum Vergleich stelle ich folgende Zahlen zusammen:

Frühling.		Herbst.	
Monat.	Nagelbildung in 28 Tagen.	Nagelbildung in 28 Tagen.	Monat.
März 1875	0,128	0,134	September 1875
April „	0,130	0,134	October „
März 1876	0,149		
Mittel . .	0,136	0,134	

Der scheinbare Unterschied zu Gunsten des Frühlings kann nicht in's Gewicht fallen, zumal da im Jahre 1859 ein sehr kleiner Vortheil zu Gunsten des Herbstes beobachtet wurde.

Im Sommer betrug die tägliche Nagelbildung an meinen Händen nur 5,43 Milligramm, welche 0,77 Stickstoff enthalten, was 1,652 Harnstoff entspricht, also immer nur wenig mehr als 1½ Milligramm des wichtigsten stickstoffhaltigen Bestandtheils, der mit dem Harn täglich im Durchschnitt zu 31 Gramm ausgeschieden wird.

Sowie die Haare, enthalten die Nägel im Sommer mehr Wasser als im Winter. Dies ergiebt sich aus folgender Tabelle, in welcher der Monat October zum Winter gerechnet ist, für den ich sonst nur zwei Beobachtungen hätte, von welchen die eine (8. Februar 1877) ein auffallend niedriges Minimum ergeben hat. Ich füge zu den Zahlen für den Wassergehalt der Nägel die betreffenden Werthe der relativen Feuchtigkeit hinzu, wie sie in Turin beobachtet wurden.

Winter.			Sommer.		
Datum.	Wasser in 100 Theilen Nägel.	Relative Feuchtigkeit.	Datum.	Wasser in 100 Theilen Nägel.	Relative Feuchtigkeit.
23. Februar 1876	11,18	94	11. Juli 1876	14,04	63
8. „ 1877	8,51	75	11. August 1875	17,68	67
6. October 1875	16,45	65	31. „ „	14,60	59
Mittel . . .	12,05	78	Mittel . . .	15,44	63

Nach diesen Unterschieden im Wassergehalt lässt sich die Zusammensetzung der Nägel in folgender Weise ausdrücken:

In 100 Theilen.	Sommer.	Winter.
Hornstoff . .	84	87
Asche . . .	1	1
Wasser . . .	15	12

Folglich muss die Zahl 0,152 Gramm für die Nagelbildung in 28 Sommertagen für den wirklich erzeugten Hornstoff auf 0,128 herabgesetzt werden, und die für den Winter gefundene Zahl 0,131 wird für den Hornstoff 0,114.

Das Verhältniss für die unmittelbar gebildete Nagelmenge war:

$$0{,}131 : 0{,}151 = 100 : 116,$$

das Verhältniss zwischen den darin enthaltenen Hornstoffmengen wird also:

$$0{,}114 : 0{,}128 = 100 : 112.$$

Wenn aber der grössere Wassergehalt, welchen die Nägel im Sommer besitzen, dazu führen würde, einen zu grossen Unterschied zwischen Sommer und Winter anzunehmen, falls man nur das Rohgewicht der Nägel berücksichtigen wollte, so bleibt doch ein merkbarer Unterschied bestehen, wenn man jenes Rohgewicht auf Reingewicht des Hornstoffs zurückführt. Nichtsdestoweniger ist der Unterschied in der Schnelligkeit der Nagelbildung im Winter und Sommer geringer als der für Haare gefundene, wie nachstehender Vergleich ausweist:

	Winter.		Sommer.
Haare	100	:	118
Nägel	100	:	112.

Es lässt sich mit Wahrscheinlichkeit annehmen, dass durch den geringern Wassergehalt die grössere Sprödigkeit der Nägel im Winter zu erklären ist; mechanische Verletzungen bewirken bekanntlich im Winter viel leichter einen Bruch der Nägel als im Sommer.

VI. Ueber die Erzeugung der Oberhaut.

Die Bildung der Oberhaut liesse sich im Verhältniss zu den Nägeln und Haaren, die wir abschneiden oder ausfallen sehen, mit der unmerklichen Hautausdünstung vergleichen, deren Menge die der festen und flüssigen Ausscheidungen des Harns, des Darmkothes und des Schweisses so bedeutend übertrifft.

Freilich ist die Menge der Oberhaut, die sich unbemerkt von der Oberfläche des Körpers ablöst, nur gering, mag sie nun vom Schweisse aufgeweicht und fortgeschwemmt werden, oder sich abschuppen bei all' den Reibungen an unsern Kleidern, an Kamm und Nägeln und jenen zahlreichen Werkzeugen, die der Mensch hantirt, oder sich trennen bei den Bädern oder örtlichen Waschungen, unter Benützung der Seife, an deren Verbrauch Liebig die Bildung eines Volkes messen wollte. Da aber diese Ablösung auf einer so grossen Oberfläche und so andauernd stattfindet, lässt sich leicht vermuthen, dass Haare und Nägel zusammen, so greifbar ihr Verlust auch sein mag, weniger Hornstoff aus unserm Körper ausführen, als die Oberhaut, obgleich deren Abschuppung gewöhnlich nicht bemerkt wird, ausser etwa am Kopfe und jenen Oberhautlappen, die sich von den Schwielen ablösen, welche die Ehrenzeichen der Arbeit sind.

Wie soll man aber die Oberhaut wägen, die der Mensch in einem gegebenen Zeitraum verliert?

Allerdings hat Funke dargethan, dass mit dem Schweiss in 24 Stunden 6 Gramm Oberhaut losgelöst werden können [1]). Aber diese Zahl kann natürlich nicht als ein Mittelwerth für den täglichen Verlust an Oberhaut gelten und wird auch von Funke nicht dafür ausgegeben.

Lange Zeit verzweifelte ich daran, eine annehmbare Lösung der hier aufgeworfenen Aufgabe zu finden, und ich bilde mir auch jetzt nicht ein, dass die hier versuchte Beantwortung der Frage befriedigen könne. Und dennoch scheint es mir, dass der von mir eingeschlagene

[1]) Funke, in diesen Untersuchungen, Bd. IV, S. 52.

Versuchsweg, um den täglichen Verlust an Oberhaut annähernd schätzen zu können, zu einem vorläufigen Anhaltspunkt führt, von dem ich selbst nur wünschen kann, dass er bald besseren Bestimmungen den Platz räumen möge.

Nachdem ich am Zeigefinger meiner linken Hand, auf der Seite des Handtellers, einen Furunkel gehabt hatte, löste sich ein Oberhautlappen von dem Finger ab, der unmittelbar, nachdem ich ihn abgeschnitten hatte, 0,0227 Gramm wog, eine mittlere Dicke von 0,125 Millimeter besass, und auf einem in Quadratmillimeter eingetheilten Maasse deren 75 bedeckte, wobei ich bis auf einen Quadratmillimeter mehr oder weniger für meine Messung einstehen zu können glaube.

Nun besitzt die Wissenschaft meines Wissens drei Bestimmungen der Gesammtoberfläche des menschlichen Körpers und zwar für Männer von mittlerer oder kleiner Gestalt. Dieselbe betrug:

1,583 Quadratmeter nach Krause,
1,652 „ „ Funke,
1,607 „ „ Fubini und Ronchi[1]).

Das Mittel aus diesen drei Bestimmungen ist 1,614 und entspricht sehr genau dem Werthe, den Fubini und Ronchi unter Mitwirkung des Ingenieurs Abbati erhielten. Gerade wegen dieser Uebereinstimmung zwischen dem Mittelwerth und der von Fubini und Ronchi erhaltenen Zahl, vermuthe ich, dass alle drei Individuen, die zu diesen Messungen gedient haben, eher klein als gross waren. Die Versuchsperson, die von Fubini und Ronchi mit Abbati gemessen wurde, mass nämlich 1,62 Meter, wog nur 50 Kilo und zählte 27 Jahr.

Wir haben jetzt eine einfache Rechnung auszuführen.

1,614 Quadratmeter = 1614000 Quadratmillimeter. Wir müssen die 75 Quadratmillimeter, die ich von meiner Oberhaut abgetragen hatte, mit 21520 vervielfachen, um die ganze Oberfläche von 1,614 Quadratmeter zu erhalten. Mit der gleichen Zahl 21520 ist daher das

[1]) Vgl. Fubini und Ronchi in diesen Untersuchungen, Bd. XII, S. 24 und 26.

Gewicht jener 75 Quadratmillimeter Oberhaut, d. h. 0,0277 Gramm zu vervielfachen, um das Gewicht einer 0,125 Millimeter dicken Oberhautplatte zu erhalten, die so gross wäre, dass sie die Gesammtoberfläche eines kleineren männlichen Körpers bedeckte. So erhält man 488,5 Gramm. Wenn wir uns nun die Annahme gestatten, dass die Oberhautbildung auf der ganzen Oberfläche unseres Leibes mit gleicher Geschwindigkeit erfolgt, so könnte man annehmen, dass die Zeit, welche erforderlich war, um den Oberhautverlust am Zeigefinger vollständig auszugleichen, genügt haben würde, um 488,5 Gramm Oberhaut zu bilden.

Ich kenne für die Oberhaut keine Bestimmung der Menge des darin enthaltenen Hornstoffs. Bei Schlossberger[1]) liest man, dass die Oberhaut 1,0 bis 1,5 % Mineralbestandtheile enthält und dass John 0,5 % Fett darin gefunden hat. Allein ich habe nirgendwo eine Bestimmung des Wassergehalts der Oberhaut angetroffen.

Um eine annähernde Berechnung anzustellen, wird es nicht unstatthaft sein, wenn wir für die Hornschicht der Oberhaut den mittleren Wassergehalt zu Grunde legen, den ich im Kopf- und Barthaar, sowie in den Nägeln, gefunden.

Hundert Theile	Kopfhaar	enthalten	13,14 H_2O,
„ „	Barthaar	„	12,83 „
„ „	Nägel	„	13,74 „
	Mittel		13,24.

Hiernach entwerfe ich nachstehendes Bild für die Zusammensetzung der Oberhaut in 100 Theilen:

Hornstoff	85,00
Fett	0,50
Asche	1,25
Wasser	13,25,

wobei nicht zu vergessen ist, dass dem Wassergehalt eine Vermuthung zu Grunde liegt und dass die Menge Hornstoff durch Abzug bestimmt wurde.

---

[1]) Schlossberger, a. a. O., S. 281.

Halten wir uns nun vorläufig an diese Zahl, so müssten 488,5 Gramm Oberhaut 415,225 Hornstoff enthalten.

Im Hornstoff der Oberhaut fand Scherer denselben Stickstoffgehalt, den die Nägel im Mittel enthalten: 17,2 %.

Folglich führen 415,225 Hornstoff der Oberhaut 71,419 Gramm Stickstoff, und diese entsprechen 153 Gramm Harnstoff.

Die von mir gemessene und gewogene Oberhaut war am 29. Mai 1878 abgeschnitten worden. Am 2. Juli war sie vollständig erneuert. Die Neubildung hatte somit 34 Tage in Anspruch genommen. Schon am 29. Juni war keinerlei Vertiefung mehr wahrzunehmen an der Stelle, an welcher der Oberhautverlust stattgefunden hatte. Dennoch konnte der tastende Finger noch einen leicht erhabenen, etwas rauhen Rand um die Narbe erkennen, den ich aber mit dem Auge kaum zu unterscheiden vermochte. Am 30. Juni beobachtete ich einen Augenblick, dass an dem betreffenden Zeigefinger nur die Narbe schwitzte. Am 1. Juli konnte ich deren Ausdehnung an der leichten Röthe erkennen, die sie vor der Umgebung am Finger auszeichnete. Aber vom 2. Juli an war gar kein Unterschied mehr wahrzunehmen, mit Ausnahme einer feinen Linie an der Stelle, an der ich den eiternden Furunkel mit der Lanzette geöffnet hatte.

Hiernach muss ich annehmen, dass sich in 34 Tagen die ganze Oberhaut in einer Dicke von 0,125 mm erneuen kann. So viel die Oberhaut ringsum die Wunde verlor, so viel musste sich auch neu bilden, da sich in der Regel die Oberhaut auf gleicher Dicke erhält.

Und also muss der auf S. 225 und 226 angestellten Rechnung gemäss, ein Mann von mittlerem, eher kleinem als grossem Wuchs, in 34 Tagen 488 Gramm an Oberhaut verausgaben, was für 24 Stunden einem Verlust von 14,35 Gramm gleichkommt.

Diesen 14,35 Gramm Oberhaut entsprechen 12,2 Gramm Hornstoff, die 2,1 Gramm Stickstoff enthalten, d. h. ebenso viel wie 4,5 Gramm Harnstoff.

Eine solche Stickstoffmenge würde für sich allein zu ihrem Ersatz etwa 12,7 Gramm eiweissartiger Stoffe im täglichen Kostmaass erfordern.

Niemand kann mehr als ich selber bedauern, dass diese Rechnung bis jetzt nur auf Eine Beobachtung für die Schnelligkeit der Neubildung der Oberhaut gegründet ist. Ein ander Mal sah ich die Oberhautwunde an Einer ähnlichen Stelle des Fingers in 38, auf meiner Wange in der Nähe der Lippe dagegen in 8 Tagen sich vollständig vernarben, da ich aber in diesen beiden Fällen nicht dazu kam, die Grösse des Oberhautverlustes zu messen und zu wägen, so kann ich diesen Beobachtungen nur im Allgemeinen die Bestätigung entnehmen, dass es mit der Neubildung der Oberhaut schnell geht.

An meiner Wange hatte ich mit dem Rasirmesser flach die Oberhaut an der betreffenden Stelle in ihrer ganzen Dicke abgetragen, da die Wunde in ihrer ganzen Ausdehnung blutete. Nach Kölliker beträgt aber die Dicke der Oberhaut, Schleimschicht und Hornschicht zusammen, an der Wange, 0,031 Millimeter [1]) oder sehr genau $^1/_4$ der Dicke des Oberhautlappens, den ich am Finger in 34 Tagen sich neubilden sah. Da sich die 4mal dünnere Oberhaut in 8 Tagen erneute, so bewegen sich die beiden Neubildungen ziemlich genau in denselben Zeitgrenzen.

Weil jedoch die betreffenden Beobachtungen einen 55jährigen Mann betreffen, d. h. also ein Alter, in welchem, wie wir gesehen haben [2]), der Hornstoff langsamer gebildet wird, so lässt sich annehmen, dass bei einem jüngeren Manne, alles Uebrige gleichgesetzt, eine kürzere Zeit für die Erneuung der Oberhaut genügt haben würde. Andererseits wirkten die sommerliche Jahreszeit und der Umstand, dass ich mich, nachdem das Stück Oberhaut abgeschnitten worden, von Turin nach Florenz und später nach Rom begab, wo ich mich längere Zeit aufhielt, dem höheren Alter entgegen, so dass zwei Einflüsse, die in entgegengesetztem Sinne sich geltend machen, einander möglicher Weise ausglichen, und meine Zahl dem Mittelwerthe, den man nur aus vielen Beobachtungen entnehmen könnte, nicht allzu fern stehen dürfte.

---

[1]) Vgl. Kölliker, Mikroskopische Anatomie, Leipzig 1850, Bd. I, S. 56.
[2]) Vgl. S. 198, 199 und S. 218.

Um aber die Oberhautmenge, die an der ganzen Oberfläche des Körpers erzeugt wird, zu berechnen, habe ich den Mittelwerth der Bestimmungen zu Grunde gelegt, die an Individuen von sehr viel geringerem Umfang als der meinige vorgenommen wurden. Diesem Mittel stand die Zahl von Fubini und Ronchi sehr nahe, indem das betreffende Individuum, wie erwähnt, 1,607 Quadratmeter für die Gesammtoberfläche seines Körpers ergab und 50 Kilo wog.

Es wird nicht weit gefehlt sein, wenn wir annehmen, dass sich der Rauminhalt zweier Körper verhält wie ihr Gewicht. Und da der Rauminhalt im Verhältniss des Cubus, die Oberfläche in dem des Quadrates des bezüglichen Maasses wächst, so hätten wir aus dem Gewicht zweier Individuen nur die dritte Wurzel zu ziehen und diese nachher auf's Quadrat zu erheben, um zwei Grössen zu erhalten, die sich zu einander verhielten, wie die Oberflächen der betreffenden Körper. Kennt man also für einen von Beiden auch die Oberfläche, dann kann man jedenfalls annähernd auch die des anderen berechnen.

Nun wiegt die Versuchsperson bei Fubini und Ronchi 50 Kilogramm, ich selber 107.

$$50^{\frac{2}{3}} : 107^{\frac{2}{3}} = 13{,}572 : 22{,}538.$$

Die Oberfläche des Individuums von 50 Kilo beträgt 1,607 □Meter.

13,572 : 22,538 = 1,607 : 2,669, meine Körperoberfläche muss also annähernd 2,669 □Meter betragen.

Wenn man in meine Oberfläche oder 2,669 □Meter mit dem oben berechneten Mittel: 1,614 □Meter theilt, erhält man die Zahl 1,6536. Wenn wir also die oben für die Oberfläche von 1,614 □Meter berechneten Zahlen mit 1,6536 multipliciren, erhalten wir die muthmassliche Oberhautbildung für einen Mann von meinem Wuchs in folgenden Grössen:

		Gramm.
Oberhautbildung	in 34 Tagen	806,95
„	„ 24 Stunden	23,73
Erzeugung von Hornstoff	„ „ „	20,17
„ „ Stickstoff	„ „ „	3,47
Harnstoffmenge, die 3,47 Stickstoff enthält	. . . . .	7,44.

Während nun diese Zahlen offenbar als Beispiel von Maximalwerthen gelten müssen, glaube ich, dass sich die nachstehenden von einem Mittelwerth nicht weit entfernen können:

	Gramm.
Verlust an Oberhaut in 24 Stunden	14,35
darin enthaltener Hornstoff	12,20
„ „ Stickstoff	2,10
dieser Stickstoffmenge entsprechender Harnstoff	4,50.

VII. Ueber den Einfluss der Krankheit auf die Erzeugung der Horngebilde.

Meines Wissens hat Niemand mehr als Henle die Thatsache betont, dass die Haare häufig ein Kennzeichen abgeben für den allgemeinen Gesundheitszustand des Menschen. „Von dem hygroskopischen Zustande des Haares“ sagt Henle „hängt die Weichheit und „der Glanz desselben ab, und da jener am lebenden Organismus „wieder durch die Turgescenz der Haut bedingt ist, so lässt sich „schon vom Ansehen der Haare ein Schluss auf den Grad der Thätig„keit der Haut machen. Das Verhalten der Haare ist daher ein Hülfs„mittel der Diagnose, sie sind weich und glänzend bei turgescirender, „duftender Haut, trocken, spröde, struppig bei Collapsus der Körper„oberfläche [1]).“

Unter den Beobachtungen, die ich an mir selber anstellte, befindet sich eine, für den Monat August 1874, in welchem ich drei Wochen lang an Blasencatarrh litt, mit dem Urin viel Schleim entleerte und sehr abgeschlagen war. In jenem Monat war nicht blos das Wachsthum meines Kopfhaars verlangsamt, sondern auch das meines Bartes und meiner Nägel.

In den nächstfolgenden Tabellen vergleiche ich den Krankheitsmonat einerseits mit den beiden vorangehenden und sodann mit den drei entsprechenden Monaten des folgenden Jahres.

[1]) Henle, Allgemeine Anatomie, Leipzig 1841, S. 804.

Haare.				Bart.			
Datum.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Haarwuchs in 28 Tagen.	Datum.	Datum.	Wachsthum in 28 Tagen.	Wachsthum in 28 Tagen.	Datum.
24. Juni 1874	1,25	1,88	23. Juni 1875	24. Juni 1874	0,48	0,66	23. Juni 1875
22. Juli „	1,74	1,88	21. Juli „	22. Juli „	0,59	0,64	21. Juli „
19. August „ [1])	**1,03**	1,85	18. August „	19. August „ [1])	**0,45**	0,75	18. August „

Nägel.			
Datum.	Wachsthum in 28 Tagen.	Wachsthum in 28 Tagen.	Datum.
16. Juni 1874	0,151	0,150	16. Juni 1875
14. Juli „	0,125	0,154	14. Juli „
11. August „ [1])	**0,125**	0,148	11. August „

Hier folgt nun das Wachsthum im Krankheitsmonat, verglichen mit dem mittleren Wachsthum in den drei voraufgehenden Monaten desselben Jahres, sowie mit dem Mittel der drei entsprechenden Monate des nächstfolgenden Jahres.

	Krankheitsmonat August 1874	Mittelwerth für Juni und Juli 1874.	Mittelwerth für Juni, Juli und August 1874.
Kopfhaar.	1,03	1,49	1,87
Bart.	0,45	0,53	0,68
Nägel.	0,125	0,138	0,151

In dem Monat des Blasencatarrhs ergab sich also eine merkliche Verlangsamung in der Hornbildung an der Oberfläche des Körpers, und handelt es sich auch nur um einen einzigen Fall, so berechtigt doch die für Kopf- und Barthaar, sowie für die Nägel gefundene Uebereinstimmung dazu, ihn hervorzuheben, um so mehr, da auf diesem Gebiete vorläufig alle bestimmten Angaben fehlen.

[1]) Monat der Krankheit.

VIII. Schlussbetrachtung.

Bei der Betrachtung der wichtigsten Ergebnisse dieser Arbeit drängt sich der Gedanke an ihren Hauptzweck in den Vordergrund. Es handelte sich darum, zu untersuchen, ob die Horngebilde einen wesentlichen Antheil hätten an der Stickstoffausfuhr des Organismus. Um mit Einem Blick den Stickstoffverlust zu übersehen, den die Ablösung der Horngebilde bedingt, soweit er sich nämlich vorläufig in Zahlen ausdrücken lässt, vereinige ich in einer einzigen Tabelle die mittlere Erzeugung an Kopfhaar, wie ich sie bei Jünglingen zwischen 18 und 26 Jahren bestimmt habe; die Erzeugung an Barthaar, die Berthold, als er 46 Jahre zählte, an sich selber beobachtet hat; die der Nägel an den Händen, sowie sie sich bei mir im Alter von 37 Jahren ergab, indem ich ebenso viel für die Nägel der Füsse hinzufüge, obgleich sie nicht gewogen wurden, in der Voraussetzung, dass ihr Wachsthum von dem der Nägel an den Händen nicht wesentlich verschieden sein wird; schliesslich die Zahl für den Verlust an Oberhaut, die ich für Individuen von etwas weniger als mittlerem Wuchs berechnete, indem ich die Beobachtungen über die Schnelligkeit der Wiedererzeugung der Oberhaut zu Grunde legte, wie ich sie an mir selber, 55 Jahre alt, beobachtet habe.

Die tägliche Barterzeugung ist aus der Zahl, die Berthold für ein ganzes Jahr gefunden hat, berechnet, der im Bart enthaltene Hornstoff auf Grund der Zahlen, die auf S. 196 für die Zusammensetzung der Haare erörtert worden, da man bisher für die chemische Zusammensetzung zwischen Bart- und Kopfhaar keinen wesentlichen Unterschied kennt.

Uebersichtstabelle für die tägliche Erzeugung der wichtigsten Horngebilde des menschlichen Körpers in Gramm.

	Unmittelbar gefundener Werth.	Hornstoff.	Stickstoff.	Der Stickstoffmenge entsprechender Harnstoff.
Haare (Mittelwerth für die Jünglinge)	0,2000	0,1640	0,0287	0,0615
Bart (Berthold) 46 J.	0 0460	0,0380	0,0066	0,0141
Nägel d. Hände (Moleschott) 37 J.	0,0057	0,0046	0,0008	0,0017
Nägel der Füsse (Vermuthung) . .	0,0057	0,0046	0,0008	0,0017
Oberhaut	14,3530	12,2000	2,0984	4,4965
Summe.	14,6104	12,4112	2,1353	4,5755

Aus dieser Zusammenstellung erhellt, dass mit der Oberhaut allein etwa 56 Mal so viel wie mit den Haaren und Nägeln zusammen verausgabt wird, mit dem Bart $^1/_4$ von dem Betrag des Kopfhaars, mit den Nägeln etwas mehr als $^1/_{22}$ der Gesammtmenge von Kopf- und Barthaar.

Die ganze Summe des täglichen Stickstoffverlustes durch die Horngebilde übertrifft ein wenig die Stickstoffmenge, die in 4,5 Gramm Harnstoff enthalten ist.

Es ist nicht wahrscheinlich, dass diese Zahl als Mittelwerth zu hoch gegriffen ist. Das Wachsthum von Bart, Nägeln und Oberhaut wurde an Personen bestimmt, die nicht mehr jung waren (von 46, 37 und 55 Jahren), und dies dürfte den Umstand aufwiegen, dass die Wiedererzeugung der Oberhaut im Sommer beobachtet ward, selbst wenn man als wahrscheinlich anerkennt, dass die Oberhaut, wie die Haare und Nägel, im Sommer wasserreicher ist, als im Winter. Es ist zu erwägen, dass die ausfallenden Haare nicht berücksichtigt werden können, mögen sie nun vom Kopfe, vom Bart, von der Scham, von den Wangen und Augenbrauen, von der Nase oder dem Wollhaar herrühren. Dazu kommt, dass der Bart der Jünglinge nicht verkürzt oder nicht gewogen ward. Endlich bedenke man, dass es nur wenig Menschen giebt, die nicht, sei es aus den Athemwerkzeugen, sei es durch die Harnwege etwas Schleim ausscheiden, was für Alle mit dem Darmkoth stattfindet. Es ist wahr, dass der Stickstoff der

Haare und Nägel zusammen in meiner Uebersichtstabelle nur 79 Milligramm Harnstoff vorstellt, und dass es nicht gerade wahrscheinlich ist, dass der Verlust an Horngebilden, der unserer Beobachtung entgeht, beim gesunden Menschen jenen Werth verdoppeln sollte. Aber bei Alledem sehe ich keinen Grund zur Annahme, dass der Werth von 14 Gramm in runder Zahl für die tägliche Erzeugung von Horngebilden, die nicht im Körper verbleiben, übertrieben wäre. Diesen 14 Gramm entsprächen aber 4,4 Gramm Harnstoff, mit andern Worten, jene 14 Gramm Horngebilde enthielten soviel Stickstoff, wie in $^1/_7$ des Harnstoffs vorkommt, den ein arbeitender Mann durchschnittlich in 24 Stunden mit dem Harn entleert, und dem Stickstoffgehalt von beinahe $^1/_{10}$ der Eiweissmenge, die für sein tägiges Kostmaass erfordert wird. Ich glaube, wie gesagt, dass man eher berechtigt wäre, anzunehmen, dass diese Grösse für jugendliche Individuen zu klein ist, als dass sie den Mittelwerth überträfe.

Der Einfluss der Jugend überbietet nämlich den des Sommers und der mittleren Jahreszeit, insofern er das Wachsthum der Horngebilde beschleunigt. Denn zwischen dem jugendlichen und dem reifen Lebensalter zeigte das Wachsthum des Kopfhaars folgenden Unterschied: zwischen 32 und 45 Jahren, zwischen 18 und 26 Jahren

0,14 : 0,20 = 100 : 143[1]),

während der Einfluss der Jahreszeit durch nachstehende Zahlen ausgedrückt wird:

	Winter.		mittlere Jahreszeit.		Sommer.	
Kopfhaar	4,30	:	5,50	:	5,45	= 100 : 128 : 127[2])
Bart	0,54	:	0,59	:	0,66	= 100 : 109 : 122[3])
Nägel	0,131	:	0,135	:	0,152	= 100 : 103 : 116[4]).

Mit dem Steigen der Jahre verlangsamte sich auch die Nagelbildung, wie dies unzweifelhaft die Bestimmungen lehren, die ich an mir selber nach einem Zwischenraum von 16 Jahren wiederholte.

---

[1]) Siehe S. 198.
[2]) Siehe S. 205.
[3]) Siehe S. 206.
[4]) Siehe S. 220.

Die Erzeugung der Nägel an meinen Händen ergab nämlich für 24 Stunden im Alter von

53 Jahren		37 Jahren
5 Milligramm	:	5,7 Milligramm = 100 : 114 [1]).

Hiernach dürfte es wahrscheinlich sein, dass der Einfluss der Jahre, wenn man die Jugend mit dem reifen Mannesalter vergleicht, für die Nägel nicht hinter dem für das Kopfhaar beobachteten zurückbleiben wird.

Der Einfluss des Lebensalters ist so mächtig, dass er den des Körpergewichts verdeckt. So ergab sich's wenigstens für das Kopfhaar. Für die Oberhaut dürfte dagegen anzunehmen sein, dass sie in den Fällen, in welchen mit den Jahren die Beleibtheit wächst, im Ganzen in grösserer Menge gebildet wird, wenn auch derselbe Flächenraum an der Oberfläche des Körpers weniger erzeugen mag. Bei einer mässigen Zunahme des Körperumfangs wird es sich dann ereignen können, dass sich die beiden Factoren ausgleichen, so zwar, dass die gesammte Oberhautbildung, die wegen der Zunahme des Körpers wächst und wegen des Alters des Individuums abnimmt, sich nahezu gleichbliebe.

Weil die Zusammensetzung der Haare, des Bartes und der Nägel im Winter und im Sommer verschieden ist, können wir aus den unmittelbar gefundenen Gewichten nicht ohne Weiteres die Schnelligkeit des Wachsthums der Horngebilde erschliessen. Ich stelle daher die Zahlen zusammen, die uns über die Zusammensetzung der Horngebilde im Winter und Sommer belehren.

In 100 Theilen.	Haare.		Bart.		Nägel.	
	Winter.	Sommer.	Winter.	Sommer.	Winter.	Sommer.
Hornstoff	84	80	84	81,3	87	83,6
Fett	4	4	4	4,0	?	?
Asche	1	1	1	1,0	1	1,0
Wasser	11	15	11	13,7	12	15,4

[1]) Siehe S. 218.

Unter diesen Zahlen lassen namentlich die auf die Nägel bezüglichen zu wünschen übrig, weil ich die Grösse ihres Fettgehaltes nicht kenne.

Berechnet man nun unter Berücksichtigung der angegebenen Zusammensetzung die Menge Hornstoff, welche wirklich im Winter und Sommer gebildet wird, so erleidet zwar der Unterschied zu Gunsten des Sommers eine Abnahme, aber er behauptet sich doch in erheblichem Grade, wie aus der folgenden kleinen Tabelle ersichtlich ist.

Erzeugung von Hornstoff.	In 28 Tagen.		Verhältniss zwischen Winter und Sommer.
	Winter.	Sommer.	
Haare (Mittelwerth)	3,610	4,360	100 : 118
Bart (Moleschott)	0,450	0,540	100 : 120
Nägel (Moleschott)	0,114	0,128	100 : 121

Es mag daran erinnert werden, dass von Berthold für den Bart ein geringerer Unterschied gefunden ward, als ich ihn an mir selber beobachtete. Die unmittelbar für Berthold gefundenen Werthe ergaben zwischen Winter und Sommer das Verhältniss 100 : 105 [1]), dagegen 100 : 102 für den im Bart enthaltenen Hornstoff. Berthold hatte aber das Jahr in 6 Sommermonate und 6 Wintermonate eingetheilt. Wenn ich meine Zahlen in derselben Weise gruppire, finde ich zwischen Winter und Sommer das Verhältniss

100 : 118 für die unmittelbar gefundenen Werthe,
100 : 115 für den darin enthaltenen Hornstoff.

Auch für meine Haare war der Einfluss der Jahreszeit grösser, als bei den übrigen Personen, die zu diesen Untersuchungen beigesteuert haben [2]).

In der mittleren Jahreszeit war die Erzeugung von Kopfhaar nicht minder thätig als im Sommer, und im Frühling übertrifft sie

[1]) Siehe S. 206, 207.
[2]) Siehe S. 206.

die des Herbstes bedeutend, so zwar, dass sich für das Kopfhaar zwischen Herbst und Frühling das mittlere Verhältniss von 100 : 133[1]) herausstellt. Für das Haar meines Bartes ergab sich zwischen Herbst (September, October) und Frühling (März, April), das Verhältniss 100 : 105, für die Nägel 100 : 102. Die Thatsache, dass der Frühling den Herbst übertrifft, obgleich die mittlere Wärme in den Monaten März und April geringer war, als im September und October, widerlegt die Vorstellung, dass es einfach die höhere Wärme sei, die das schnellere Wachsthum der Horngebilde verursacht, und lässt vielmehr glauben, dass nicht sowohl das Herrschen, wie das Ansteigen der Wärme, nach Art eines Reizes, die Hornbildung beschleunigt. Für den Bart und die Nägel stand indess die mittlere Jahreszeit (Frühling und Herbst zusammen) dem Winter näher als dem Sommer[2]).

Wenn der Zeitraum, nach dem die Haare geschnitten wurden, verkürzt ward, beschleunigte sich das Wachsthum. Wenn das Kopfhaar nach zwei Monaten, statt nach einem einzigen, geschnitten ward, war das Verhältniss seines Wuchses nach den von 5 Personen erhaltenen Mittelwerthen 100 : 116. Das gleiche Verhalten wurde von Berthold für den Bart beobachtet, als er Zeiträume von 12 und 24 Stunden mit einander verglich, nur fand er den Unterschied etwas geringer, nämlich im Verhältniss von 100 : 112[3]).

Da, wo die Oberhaut dünner ist, findet nach einem Substanzverlust ihre Wiedererzeugung schneller statt, so z. B. an einer Wange schneller als an einem Finger.

In einem Falle von Blasencatarrh war die Bildung von Kopf- und Barthaar, sowie die der Nägel bedeutend verlangsamt. Vergleicht man den Krankheitsmonat als Einheit (= 100) mit dem Mittel aus den Mittelwerthen für die beiden vorangehenden Monate, und die drei entsprechenden Monate des folgenden Jahres, so findet man:

---

[1]) 4,39 : 5,85, siehe S. 208.
[2]) Siehe S. 206, 220 ,221.
[3]) Siehe S. 216, 217.

für das Kopfhaar das Verhältniss 100 : 161
„ „ Barthaar „ „ 100 : 133
„ die Nägel „ „ 100 : 115[1]).

Das Kopfhaar litt folglich mehr als der Bart und dieser mehr als die Nägel.

Turin, 13. November 1878.

---

[1]) Siehe S. 231.

Im Verlage von **Emil Roth** in **Gießen** ist soeben erschienen:

Die Einheit der Wissenschaft aus dem Gesichtspunkt der Lehre vom Leben

von

Jac. Moleschott.

Kl. 8°. Preis ℳ 1. —

Im gleichen Verlage erschienen:

Jac. Moleschott. Die Physiologie der Nahrungsmittel. Ein Handbuch der Diätetik. Zweite völlig umgearbeitete Auflage . . . . . ℳ. 13. 50.

— — **Physiologisches Skizzenbuch.** Mit Abbildungen . „ 5. —

— — **Zur Erforschung des Lebens** . . . . . „ 1. —

— — **Licht und Leben** . . . . . „ 1. —

— — **Grenzen des Menschen** . . . . . „ 1. —

— — **Einheit des Lebens** . . . . . „ 1. —

— — **Eine physiologische Sendung** . . . . . „ 1. —

— — **Natur- und Heilkunde** . . . . . „ 1. —

— — **Pathologie und Physiologie** . . . . . „ 1. —

— — **Ursache und Wirkung** . . . . . „ 1. —

— — **Von der Selbststeuerung im Leben des Menschen** „ 1. —

— — **Sechs Vorträge.** 8°. eleg. brosch. . . . . „ 3. —

— — **Rath und Trost in Cholerazeiten** . . . . „ — 40.

In gleichem Verlage sind erschienen:

Untersuchungen

zur

Naturlehre des Menschen und der Thiere,

herausgegeben von

Jac. Moleschott.

Bd. I bis XI, 1./6. Heft. Bd. I/V à M. 6. 80, Bd. VI/X à M. 15. Bd. XI M. 16. 50. XII. Band. 1. Heft. Preis 3 M.

Inhalt des 1. Heftes Band XII.

I. Ueber die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen. Von Dr. S. Fubini und J. Ronchi. — II. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin. — III. Ueber die Verdauungsverrichtung der Milz. Von A. Herzen. — IV. Die Entwicklung des Menschen in den der Geschlechtsreife vorangehenden späteren Kindesjahren und im Jünglingsalter (von 7—20 Jahren) im Verhältniss zum Geschlecht, zur Ethnographie und zu den Nahrungs- und Lebensbedingungen. Von Dr. L. Pagliani. — V. Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Kohlensäure-Ausscheidung bei den Batrachiern nach Wegnahme der Lungen. Von Dr. S. Fubini. —

XI.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Fünfundzwanzigste Abtheilung.

Einige Versuche an Nerven und Muskeln.

Die Empfänglichkeitsdauer der Nerven und der Muskeln der am Ende der Erstarrungszeit durch Eröffnung der Brusthöhle getödteten Murmelthiere wechselt in merklichem Grade mit den zuletzt vorangegangenen Zuständen. Die Frühlingswärme bewirkt häufig, dass das Thier für eine Reihe von Tagen wach bleibt. Eine kühlere Regenzeit lässt es wiederum, und zwar nicht selten auf das Festeste, einschlafen, es möge vorher Nahrung, z. B. Milch, zu sich genommen haben oder nicht. Obgleich auch dann noch die Nerven und die Muskeln länger reizbar bleiben, als in frisch getödteten, nicht winterschlafenden Säugethieren, besonders wenn man nicht den Leichnam von diesen in die bis 30 oder 40° C. erwärmte Luft einer heizbaren Kammer gebracht hat, so sterben sie doch merklich früher, als in Murmelthieren ab, die vor dem Ende ihrer Erstarrungszeit Wochen lang aus ihrem festen Schlafe nicht aufwachten. Die Empfindlichkeit nicht bloss für die Schläge des Magnetelektromotors, sondern auch für mässige oder selbst schwache Kettenströme dauert länger, als von früh bis Abends, ja in seltenen Ausnahmen mehr, als 24 Stunden fort, wenn auch die Theile ihre dem Winterschlafe eigenen

niederen Wärmegrade, z. B. 10 bis 12° C. beibehalten haben. Solche Nerven und Muskeln bilden gewissermassen Normaltypen, an denen sich die durch die Erstarrung bedingten Eigenthümlichkeiten am sichersten verfolgen lassen.

Das junge Murmelthier, an dessen Theilen die hier geschilderten Ergebnisse gewonnen wurden, kam anfangs December wach und munter an. Es schlief den 13. December und zwar sogleich fest ein, erwachte den 21. Januar in Folge eines an ihm angestellten Versuches und wurde vom 10. Februar bis zum 24. März, wo ich es, ohne dass es dabei irgend erwachte, durch Eröffnen der Brusthöhle tödtete, fest erstarrt gefunden, so oft ich auch immer nach dem Verlaufe einiger Tage nachsah. Der Schlaf war also während 101 Tagen oder $14^1/_2$ Wochen für nur verhältnissmässig kurze Zeiten der Harn- und der Kothentleerung wegen in dem ungünstigsten Falle unterbrochen worden. Eine lebhafte Empfänglichkeit der Nerven und der Muskeln erhielt sich auch während der ganzen, die ersten acht Stunden nach dem Tode umfassenden Versuchsdauer.

I. Leistungsfähigkeit der Nerven und der Muskeln nach der Einwirkung höherer Wärmegrade.

Die bedeutende Abkühlung aller Körpertheile während des Winterschlafes und das lange Anhalten der Reizbarkeit nach dem Tode bewogen viele Schriftsteller, die erstarrten Säugethiere den kaltblütigen Geschöpfen gleichzustellen. Es giebt ein einfaches Prüfungsmittel, über diese Ansicht zu entscheiden. Man hat es in denjenigen Wärmegraden, welche die Empfänglichkeit der Nerven und der Muskeln für immer vernichten.

Lässt man diese von ihren Nachbartheilen gesonderten Gewebe des Frosches verhältnissmässig längere Zeit, z. B. eine Minute in Wasser von 32 bis 36° C. liegen, so geht die Leistungsfähigkeit derselben zu Grunde. Man stösst dabei auf individuelle Schwankungen und untergeordnete Unterschiede zwischen Nerven und Muskeln. Stammen aber diese Gebilde von einem warmblütigen Geschöpfe, so

halten sie weit höhere Wärmegrade, bis 50° C. und mehr ohne bleibenden Nachtheil aus.

Ich schnitt die beiden Hinterbeine des erwähnten Murmelthieres von dem Rumpfe los, nachdem ich die Oberschenkel aus den Hüftgelenken getrennt hatte. Der Hüftnerv wurde dann nach Art eines galvanischen Froschpräparates fast bis zum Kniegelenke frei gemacht, so dass ich ein langes Stück derselben in das warme Wasser versenken konnte. Einzelne Abtheilungen wurden später ebenfalls in die Flüssigkeit gebracht. Das Gleiche geschah mit verhältnissmässig grossen Bruchstücken der Schenkelanzieher. Ein Normalthermometer, dessen Kugel sich dicht neben den thierischen Theilen befand, gab den Wärmegrad an. Er sank um ungefähr $^3/_5$° C. während 60 bis 70 Secunden, in Folge der Abkühlung des heissen Wassers. Die Dräthe, welche die Schläge des Magnetelektromotors zuführten, trugen Nadeln, die in ungefähr gleichen Entfernungen in die Nerven oder die Muskeln vor und nach der Einwirkung der Wärme eingestochen wurden. Ein in den inducirenden Kreis eingeschalteter Schliesser machte es möglich, die Inductionsschläge erst, nachdem Alles vorbereitet worden, einbrechen zu lassen.

Hatte der Hüftnerv in Wasser, dessen Anfangswärme 47,4° C. betrug, 60 Secunden lang und ebenso lange später in der bis auf 54° C. erwärmten Flüssigkeit verweilt, ohne dass die Muskeln des Hinterbeines das Wasser berührten, so erzeugte die elektrische Reizung des Nerven an beliebigen Stellen ebenso kräftige Zusammenziehungen, als vor der Einwirkung der höheren Wärme. Verschiedene Muskelstücke hielten ebenso ohne sichtlichen Schaden 60 Secunden bei 48° C., dann 25 Secunden bei 56° C. und zuletzt 70 Secunden bei 51,2° C. aus. Bedenkt man, dass diese Gebilde vorher 10° bis 12° C. darboten, also eine Wärmeerhöhung von mehr als 40° C. erlitten, wenn eine völlige Ausgleichung stattgefunden, so erscheint die Toleranz für die Einflüsse höherer Wärmegrade noch grösser, als in wachen Säugethieren. Da die Gewebe in eine sehr umfangreiche Wassermasse versenkt wurden, so kühlte sich diese nicht merklich ab.

Diese Versuche lehren, dass der lange und feste Winter-

schlaf die Säugethiermerkmale der Nerven und der Muskeln nicht aufhebt und daher die Gleichstellung mit kaltblütigen Geschöpfen auf einem Missverständnisse beruht.

2. Untere Grenzen der Starrkrampferregung.

Was wir Starrkrampf nennen, besteht aus einer Reihe aufeinanderfolgender Zusammenziehungen, deren Erschlaffungen wahrscheinlich nie wahrhaft mangeln, sondern nur der Kürze ihrer Dauer wegen unkenntlich werden. Liegt dagegen die Anzahl der der Zeiteinheit entsprechenden Einzelerregungen unterhalb eines gewissen Werthes, so erhält man eine Reihe vollständig oder theilweise gesonderter Zuckungen oder Wechselkrämpfe, je nachdem die Zwischenzeiten zu völligen Erschlaffungen hinreichen oder nicht.

Wir wollen die untere Grenze oder in dieser Abhandlung die Grenze überhaupt diejenige der Zeiteinheit entsprechende kleinste Erregungszahl nennen, bei welcher der anhaltende Starrkrampf zuerst auftritt. Es kann bei ihr und selbst bei einer noch häufigeren Reizung vorkommen, dass der Muskel im Starrkrampf verharrt, sich aber noch stärker in Folge jeder neuen Reizung zusammenzieht und zu dem früheren Starrkrampfe nach dem Aufhören derselben zurückkehrt, dass man also Starrkrampf und Wechselkrämpfe zugleich hat. Wir werden diese Erscheinung mit dem Namen der Uebergangsstufe bezeichnen.

Man kann diese Wirkungen in der Regel besser, als durch die Aufzeichnung der Muskelcurven zur Anschauung bringen, wenn man das Präparat an das Myographion befestigt und die Verkürzungen, welche hier durch die Reibungen des Zeichenstiftes nicht beeinträchtigt werden, nach dem Grade der Hebung des Rahmens desselben, oder, wenn es sich um sehr schwache Zusammenziehungen handelt, nach der der vorgeschobenen und daher auch fühlhebelartig vergrössernden Schreibspitze beurtheilt.

Will ich die Versuche am Frosche anstellen, so enthaupte ich das Thier, zerstöre das Gehirn, trenne die Wirbelsäule dicht oberhalb des Lendennerven (N. inguinalis) des Hüftgeflechtes quer durch, zer-

malme das Rückenmark und lasse oder entferne die vordere Körperhälfte. Nachdem die Achillessehne blossgelegt worden, durchschneide ich alle Unterschenkelgebilde, die vor ihr liegen, enthäute den Fuss und nehme die äussere Hälfte desselben fort. Die innere wird an dem Haken des vorher äquilibrirten Myographionrahmens befestigt, nachdem der obere Theil des Präparates auf dem mit einer Korkplatte überzogenen Brette desselben mit Nadeln angestochen worden. Zwei Einstichsnadeln, welche den tetanisirenden Strom zuführen, kommen in das Hüftgeflecht. Ein Gewicht von 10 oder 20 gr wird auf die Wagschale gelegt, um die Muskeln vor dem Versuche zu dehnen. Die Wirkungen hängen also nur von der Verkürzung des Wadenmuskels ab.

Sorgt man dafür, dass das frisch getödtete Kaninchen in der auf 32 bis 40° C. erwärmten Luft eines Wärmekastens oder einer Brutmaschine bleibt, so erhält sich die Reizempfänglichkeit eine oder mehrere Stunden, so dass man die hierher gehörenden Versuche in aller Bequemlichkeit an diesem Warmblüter ebenfalls anstellen kann. Die winterschlafenden Murmelthiere fordern natürlich eine solche Nebenbedingung nicht. Nerv und Muskel bewahren ihre volle Erregbarkeit, wenn auch die Wärme dieser Gewebe 11° C. nicht übersteigt oder selbst noch um einige Grade kleiner ausfällt.

Man entfernt dann das eine in dem Hüftgelenke getrennte Hinterbein von dem übrigen Körper, befestigt den oberen Abschnitt desselben auf dem Korkbrette des Myographions mit einigen eingestochenen Nadeln, durchschneidet den untersten Theil der Achillessehne und sticht durch sie den Haken der Vorrichtung. Die den Strom zuführenden Nadeln kommen in den in seiner natürlichen Lage gelassenen Hüftnerven oder auch erst nachdem man ihn gesondert und über ein Korkplättchen gebrückt hat. Der verhältnissmässig dickere Hüftnerv des Kaninchens und des Murmelthieres bietet seine regelrechte, dem unversehrten Zustande entsprechende Wirkungsweise auch, nachdem er gesondert worden, dar. Der in gleicher Weise behandelte dünne Froschnerv dagegen liefert Antworten, die nicht dem regelrechten Zustande des Lebens entsprechen, wie ich an einem anderen Orte ausführlicher er-

läutert habe. Da man dieses bis jetzt nicht berücksichtigt hat, so führt auch die Wissenschaft einen Ballast irriger Ansichten, die nur auf den regelwidrigen Antworten des misshandelten Nerven galvanischer Froschpräparate beruhen.

Die Norm z. B., welche ich das Zuckungsgesetz des lebenden Nerven nenne, tritt nicht bloss, wie aus diesem Grunde angegeben wird, bei dem Gebrauche sehr schwacher elektrischer Erregungen auf. Sie kann sich auch bei einem sehr starken Strome unter günstigen Nebenbedingungen geltend machen. Die unversehrten, mit Einstichsnadeln geprüften Nerven grosser und sehr kräftiger frisch eingefangener Frösche gaben mir noch blosse Schliessungszuckungen und nichts weiter, wenn durch sie ein Strom von hundert, mit verdünnter Schwefelsäure versehenen oder sechs mit Salpetersäure und Schwefelsäure geladenen Bunsen'schen Elementen geleitet wurde und die lebhafteste Gasentwickelung in der Umgebung des negativen Poles auftrat. Nicht so stahlfeste Nerven liefern eine Schliessungs-, und eine Oeffnungszuckung bei weit schwächeren, aber verhältnissmässig starken Strömen. Ich suchte schon an einem anderen Orte nachzuweisen, dass die Oeffnungszuckung erst die Folge einer Aenderung des regelrechten Stimmungszustandes bildet, dass dabei in unserem Falle der kürzer oder länger anhaltende Durchtritt des Stromes den Nerveninhalt mehr oder minder elektrolysirt und daher zu anderen Antworten bestimmt hat und die während der Ruhe mögliche Erholung zu dem Zuckungsgesetze des lebenden Nerven zurückführt. Man muss in allen wiederholt angestellten Nervenversuchen stets berücksichtigen, dass die Folgen der Reizung von der Resultante des Kampfes der durch die äusseren Einwirkungen erzeugten Aenderung der Molecularbeschaffenheit der Nervenmasse und der elastischen Gegenwirkung, dem Streben zur Rückkehr zu dem früheren Zustande, also von dem, was man mit dem allgemeinen, freilich nichts lehrenden Ausdrucke der Nervenstimmung bezeichnet, in jedem Einzelfalle abhängen. Dieser Einfluss macht sich auch für die Grenze und die Uebergangsstufe des Starrkrampfes geltend.

Man kann die hierher gehörenden Erscheinungen mittelst der von

Trouvé auf das Zierlichste hergestellten Vorrichtung von Onimus verfolgen. Ein durch einen Hebel sperrbares und daher in einem beliebigen Augenblicke freizulassendes Uhrwerk dreht einen wagerechten Cylinder um seine Längsachse in nahezu einer Secunde ein Mal herum. Er führt auf 20 kreisförmigen Querschnitten der Oberfläche 1, 2, 3 u. s. f. bis 20 zahnartige Hervorragungen, die den elektrischen Kreis schliessen, sowie sie eine darüber befindliche Stahlfeder berühren. Hat man diese etwas emporgehoben, so kann man den Cylinder durch einen Stift so vor- oder rückwärts schieben, dass eine beliebige Zahl von Zähnen den Schluss vermittelt. Ein Zeiger, der an einer seitlich angebrachten Scale spielt, zeigt an, wie viel Zähne bei jeder Umdrehung wirken. Man kann auf diese Weise alle beliebigen ganzen Zahlen von Schliessungen und Oeffnungen, die zwischen 1 und 20 liegen, herstellen.

Die Einflüsse, welche die Zahl der der Zeiteinheit entsprechenden Erregungen und die Stärke der Ströme ausüben, werden uns am besten klar werden, wenn wir eine Versuchsreihe, die an den Hüftnerven der beiden Hinterbeine des oben erwähnten Murmelthieres angestellt wurden, im Einzelnen anführen. Die Stahlnadeln, welche die Inductionsschläge zuführten und in den blossgelegten Hüftnerven eingestochen waren, standen um ungefähr acht Millimeter von einander ab. Der Magnetelektromotor, der von einem mit verdünnter Schwefelsäure versehenen Zink-Kohlenelemente getrieben wurde, gab schon sehr empfindliche Schläge, wenn sich die beiden Rollen mit ihren einander zugekehrten Enden eben berührten. Ein Punktschliesser war in dem erregenden Kreise desselben eingeschaltet. Hatte ich den Onimus, der in die eine der beiden inducirenden Leitungen eingeschaltet war, auf eine bestimmte Zahl von Schlägen eingestellt, so liess ich ihn zuerst gehen und schloss später den Punktschliesser, um die Inductionsströme wirken zu lassen. Man konnte dabei sehen, dass der Hammer des Magnetelektromotors eben so viele Bewegungen in der Zeiteinheit machte, als Zahnberührungen am Cylinder stattfanden.

Man hatte:

Versuchs-Nummer.	Zeit nach dem Tode in Minuten.	Stellung der Rollen des Magnetelektromotors.	Zahl der Schliessungen und Oeffnungen in der Secunde.	Wirkungen.
1	30	Die zugewandten Enden um 8 C. von einander entfernt.	3	Wechselkrämpfe.
2			4	Desgl.
3			5	Uebergangsstufe.
4	40	Rollen sich mit ihren zugewandten Enden oben berührend.	5	Einzelne Zusammenziehungen.
5			7	Uebergangsstufe.
6			8	Grenze.
7	48	Rollen halb übereinander geschoben.	8	Vollkommener Starrkrampf.
8			7	Desgl.
9			6	Desgl.
10			5	Uebergangsstufe mit schwächeren Wechselkrämpfen.
11			4	Desgl. mit stärkeren Wechselkrämpfen.
12			3	Uebergangsstufe mit noch stärkeren Wechselkrämpfen.
13			2	Gesonderte Einzelzuckungen.
14	60	Rollen ganz übereinander geschoben.	2	Einzelne, gesonderte Zusammenziehungen.
15			3	Uebergangsstufe.
16			4	Desgl. mit schwachen Einzelzuckungen.
17			5	Starrkrampf mit Einzelzuckungen nur in dem ersten Augenblicke.
18		Rollen um 8 Centimeter gegenseitig abstehend.	5	Schwache Einzelzusammenziehungen.
19			6	Desgl.
20			7	Grenze.
21			8	Schwacher Starrkrampf.
22		Rollen einander eben berührend.	8	Starker Starrkrampf.
23	70		6	Uebergangsstufe.
24			4	Einzelzuckungen mit Spur von Starrkrampf.
25			3	Einzelzuckungen.
26			2	Desgl.
27			1	Desgl.
28	100	Rollen halb übereinander.	4	Uebergangsstufe.
29			3	Desgl.
30			2	Starke Einzelzuckungen mit Spur von Starrkrampf.
31			1	Langsam ablaufende Einzelzuckungen.

Versuchs-Nummer.	Zeit nach dem Tode in Minuten.	Stellung der Rollen des Magnetelektromotors.	Zahl der Schliessungen und Oeffnungen in der Secunde.	Wirkungen.
32	120	Rollen ganz übereinander.	1	Gesonderte Einzelzuckungen.
33			2	Desgl.
34			3	Uebergangsstufe.
35			4	Starker Starrkrampf mit Einzelzuckungen.
36			5	Blosser Starrkrampf.
37	180	Rollen halb übereinander.	8	Vollständiger Starrkrampf.
38			5	Uebergangsstufe.
39			2	Einzelzuckungen.
40	204	Desgl.	6	Starrkrampf.
Das linke Hinterbein lieferte:				
41	340	Rollen gänzlich übereinander geschoben.	1	Einzelne Zusammenziehungen.
42			2	Desgl.
43			3	Desgl.
44			4	Desgl.
45			5	Desgl.
46			6	Uebergangsstufe.
47			7	Desgl.
48			8	Starrkrampf mit sehr schwachen Einzelzuckungen.
49			9	Desgl.
50			10	Vollständiger reiner Starrkrampf.

Diese Erfahrungen lehren:

1. Die niederen Wärmegrade, welche die Muskeln der erstarrten Murmelthiere Wochen und Monate lang im Leben und nach dem Tode darbieten, bewirken, dass die Zusammenziehung und besonders die Erschlaffung langsamer vor sich geht als in Kaninchen und selbst in Fröschen, die bei 10 bis 20° C. aufbewahrt worden. Der minder schnelle Verlauf der Erschlaffung scheint den Eintritt der Uebergangsstufe, d. h. der Erscheinung, dass der Muskel eine Reihe von Einzelzusammenziehungen neben dem Starrkrampfe darbietet, zu begünstigen. Wir sehen aus No. 1 bis 3, dass die frischen Muskeln je eine Zusammenziehung und Erschlaffung in weniger als $^1/_4$ bis $^1/_8$ Secunde vollendeten, wenn nur schwache Schläge des Magnetelektromotors wirkten.

2. Zeigen sich noch Muskelkrämpfe neben dem Starrkrampfe, so

will dieses sagen, dass die Grösse der Erregung, welche den Muskel in nahezu gleich bleibender Verkürzung in der zwischen je zwei einander folgenden Reizungen liegenden Zwischenzeit erhält, hinter derjenigen, welche die mögliche Maximumswirkung hervorruft, zurücksteht. Ein gewisser, unvollständiger Erschlaffungsgrad liegt daher der Dauer des Starrkrampfes zum Grunde. Diese Erscheinung fällt oft nicht gänzlich hinweg, wenn selbst ein sehr kräftiger Starrkrampf eingetreten ist.

3. Sein ausschliessliches Erscheinen kann auf zweierlei Wegen, der Verstärkung der erregenden Ströme oder der Vermehrung der auf die Zeiteinheit kommenden Zahl der Erregungen herbeigeführt werden. Die beiden Bedingungsglieder ersetzen sich oft wechselseitig, so dass schon eine geringere Zahl von Schliessungen und Oeffnungen den reinen Starrkrampf herbeiführt, wenn die Ströme stärker werden und umgekehrt (z. B. No. 6, 7, 17, 28, 34, 38). Die durch die Ruhe bedingte Erholung des Nerven und des Muskels wirkt auch hier als begünstigende Nebenbedingung.

4. Stellte ich ähnliche Versuche, wie die hier geschilderten, an kräftigen Winterfröschen an, so fand ich, dass die Starrkrämpfe in der Regel erst nach 10 bis 15 Erregungen in der Secunde für dieselben Stärken der Inductionsschläge, wie sie an dem Murmelthiere gebraucht wurden, eintraten, obgleich sich die Muskeln dieser Geschöpfe sichtlich rascher, als die der Murmelthiere zusammenzogen. Die letzteren forderten also eine geringere Zahl von Reizungen für die Zeiteinheit, als jene.

5. Die Abnahme der Empfänglichkeit, die sich längere Zeit nach dem Tode des Murmelthieres, wenn auch nur in untergeordnetem Grade verrieth, erhöhte auch den Werth der kleinsten Zahl der auf die Zeiteinheit kommenden Schläge des Magnetelektromotors, die zur Erzeugung des Starrkrampfes nöthig waren.

3. Wirkungen des beständigen Stromes.

Die 53ste Abhandlung der histologischen und physiologischen Studien erläutert ein Versuchsverfahren, mittelst dessen man die Ein-

flüsse eines eine Nervenstrecke durchsetzenden beständigen Stromes auf die Wirkungen eines anderen erregten Nervenabschnittes nicht nur einer grösseren Zahl von Zuhörern anschaulich machen, sondern auch in Einzelfällen besser, als durch das graphische Verfahren verfolgen kann. Man stellt das Froschpräparat auf die S. 242 geschilderte Weise her und befestigt die Achillessehne an dem Haken des Myographions. Keine feuchte Kette, sondern die Inductionsschläge des Magnetelektromotors dienen zur Erregung der oberen Nervenstrecke. Ein in den inducirenden Kreis eingeschalteter Punktschliesser macht es möglich, die Ströme zu einer beliebigen Zeit einbrechen zu lassen. Die Leitungsdrähte der beständigen galvanischen Kette gehen zunächst zu einem Stromwender, dessen Ausgangsdräthe die Nadeln an ihren Enden führen, welche in den unteren Nervenabschnitt eingestochen werden. Man tetanisirt zuerst den oberen Nerventheil, so dass der Starrkrampf des Wadenmuskels den Rahmen des Myographions bleibend in der Höhe hält. Wird hierauf der beständige Strom auf- oder absteigend geschlossen, so geht der Rahmen in die Höhe oder hinab und erhält sich in dieser neuen Stellung, je nachdem der beständige Strom verstärkend oder herabsetzend wirkt. Hebt sich dagegen der Rahmen nur im Augenblicke des Kettenschlusses und sinkt dann, während der Kreis geschlossen bleibt, hinab, so hat man nur eine nicht hierher gehörende Schliessungszuckung, die man nicht mit der verändernden Wirkung des beständigen Stromes verwechseln darf.

Die Annahme, dass sich die Empfänglichkeit in der extrapolaren Nachbarschaft des negativen Poles erhöht und in der des positiven sinkt, bestätigt sich auch häufig in diesem Versuchsverfahren. Ich bemerkte aber schon nach früheren, besonders am Frosche und zum Theil auch an Murmelthieren mittelst des gewöhnlichen Verfahrens angestellten Versuchen, dass nicht bloss die den galvanischen Froschpräparaten entnommene Norm, die in unversehrten Nerven ebenfalls häufig wiederkehrt, sondern auch eine der drei übrigen Möglichkeiten, beiderseitige Erhöhung, Zunahme in der Nachbarschaft des positiven und Sinken in der des negativen Poles, endlich Vermin-

derung der Erregbarkeit zu beiden Seiten vorkommen kann. Man hat die zwei letzten Fälle vorzugsweise in Nerven, die im Laufe der Zeit und nach wiederholten Reizungen schwächer geworden, die beiderseitige Verstärkung hingegen in sehr kräftigen Geschöpfen. Es kann sogar vorkommen, dass diese Erscheinung als Erholungswirkung auftritt, dass sie in Folge der Ruhe wiederkehrt, wenn schon die vorhergehenden Erregungen Vergrösserung am negativen und Verkleinerung am positiven Pole gegeben hatten.

Das oben erwähnte, erst nach langem ununterbrochenem Winterschlafe untersuchte Murmelthier zeigte die beiderseitige Zunahme der Leistungsfähigkeit Stunden lang. Der von den Inductionsströmen angesprochene obere Nervenabschnitt befand sich nahe unter dem Austritte des Hüftnerven aus der Beckenhöhle und der von dem beständigen Strome durchflossene ungefähr einen Centimeter tiefer. Jeder von ihnen hatte eine Länge von ungefähr acht Millimeter. Der durch die Tetanisation der oberen Nervenstrecke bleibend gehobene Rahmen blieb dauernd höher, man mochte den beständigen Strom auf- oder absteigend schliessen, und sank in dem Augenblicke der Oeffnung dieses Kreises. Die spätere Abnahme der Empfänglichkeit durch Erschöpfung in Folge der sehr häufig angestellten Versuche oder im Laufe der Zeit bewirkte es, dass nur Schliessungszuckungen auftraten und der beständige Strom zuletzt vollkommen wirkungslos blieb.

XII.

Ueber die Wirkung des Viperngiftes.

Von

P. Albertoni.

Das Studium des Viperngiftes fand in Italien die berühmtesten Beförderer. Mit Redi[1]) beginnt die wahre und wissenschaftliche Geschichte des Viperngiftes. Vor ihm wurden die wunderlichsten und unrichtigsten Ideen angenommen, wie z. B. das Gift sei in der Galle vorhanden und käme durch überaus feine unsichtbare Röhrchen an den Kopf, und die Inoculation desselben sei nicht nöthig, um seine schädlichen Erfolge hervorzubringen, sondern der Biss des zornigen Thieres sei hinreichend. Redi erwies durch Untersuchungen, dass das getrunkene Viperngift unwirksam, dass es von einer besonderen Drüse präparirt werde, und dass die Inoculation des Giftes in der That erfordert wird, damit der Biss seine schädliche Wirkung hervorbringe. — Diesem Satze wurde von der französischen Akademie widersprochen; aber der Edelmann aus Arezzo wiederholte seine Untersuchungen und bestätigte die ersten Resultate, indem er mit einer Bescheidenheit und Mässigung antwortete, welche in der wissenschaftlichen Polemik sehr selten ist. Und dies ist, unter sehr vielen andern, ein Vorzug, welcher die Untersuchungen jenes grossen Talentes immer lehrreich und bewunderungswerth macht, Untersuchungen, welche Redi zum Gründer der berühmten florentiner toxikologischen Schule machen, die nach dem Tode Ranieri Bellini's leider ohne Repräsentanten geblieben zu sein scheint. Die Redi'schen Untersuchungen wurden von Fontana[2]) fortgesetzt, dessen berühmte, grosse und fleissige Arbeit über das Viperngift, vielleicht die wichtigste unter jedem, toxi-

[1]) Osservazioni intorno alle vipere fatte da Francesco Redi gentiluomo Aretino. Napoli 1687. Stamperia di G. Baillard.

[2]) F. Fontana, Sur les poisons et sur le corps animal. Florence 1781.

kologischen, therapeutischen, physiologischen und anatomischen, Gesichtspunkt ist. Minder bekannt, aber sehr schätzbar sind auch die Mangili'schen[1]) Untersuchungen. — In der neueren Zeit, und nach der Verbesserung unserer Untersuchungsmethoden, wurde das Viperngift der Gegenstand weniger Studien. Bernard[2]) erzählt einige Thatsachen, um zu erweisen, dass die Wirkung des Curare von der des Viperngiftes verschieden, und dass letzteres entgegen der Fontana'schen Meinung, den Thieren von gleicher Art schädlich ist: dies war schon früher von Mangili bemerkt worden, obgleich Guyon (Revue méd. 15 juillet 1861) es noch in Zweifel zieht.

Vor zwei Jahren publicirte Valentin[3]) eine Reihe von Untersuchungen, die mit Viperngift an Fröschen gemacht wurden, womit er einige Punkte der Geschichte dieser Substanz, und vor allem ihren Einfluss auf den Gaswechsel und auf die Muskeln aufhellt. Unsere Kenntnisse über viele Punkte der Wirkung des Viperngiftes sind dennoch dürftig oder nichtig. Und um einige dieser Punkte zu beleuchten, habe ich die folgenden Untersuchungen unternommen und während einiger Jahre fortgesetzt, so oft ich im Stande war, mir das nöthige Material zu verschaffen. — Ich hoffe sie auch fernerhin fortsetzen zu können. — Meine Untersuchungen wurden mit Vipera Redi an Hunden im Sommer der letzten Jahre angestellt. Die Vipern wurden mir lebendig gebracht, und waren aus den Bergen von Siena oder von den Euganeischen Hügeln. Sie wurden im Laboratorium, in einem geeigneten Kästchen aufbewahrt, dessen Deckel aus einem eisernen Gitter bestand. Zu den Untersuchungen presste man entweder das Gift aus und impfte dasselbe, nachdem es in wenig Wasser aufgelöst war, oder man liess das Thier von dem zuletzt abgetrennten Viperkopf beissen, oder man fasste endlich die Viper mit einer geeigneten Zange nahe am Kopf, so dass man sie sehr fest hielt, ohne sie zu

[1]) Sul veleno della vipera. Discorsi due di G. Mangili (Giornale di fisica di Pavia 3° bimestre 1809).

[2]) Cl. Bernard, Leçons sur les effets des substances toxiques et médicamenteuses. Paris 1857.

[3]) G. Valentin, Einige Beobachtungen über die Wirkungen des Viperngiftes. Zeitschrift für Biologie 1877.

sehr zusammenzudrücken, und man brachte nachher ihr aufgesperrtes Maul mit dem Theile in Berührung, den man beissen lassen wollte. Nachher legte man die Viper wieder in das Kästchen, und nach einiger Zeit wurde sie auf's Neue gebraucht. Dieser Process bietet den Vortheil, mit derselben Viper einige Untersuchungen machen zu können.

1. Die ersten Erfahrungen sollten die Frage beantworten, ob das Blut der durch Vipern vergifteten Thiere schädlich sei, wenn es auf andere Thiere übertragen wird. Es wurden zu dem Zweck folgende Versuche angestellt.

Versuch 1. — 22. Juli 1872. — Ein sehr lebhaftes Hündchen liess man von einem soeben abgetrennten Vipernkopf beissen. Der Biss war so heftig, dass der Hund schrie. Nach drei oder vier Minuten wirft sich der Hund nieder und ist betäubt, die Respiration ist schwer; einige Tropfen Blut fliessen aus der Wunde. Das Niederwerfen nimmt zu, die Kräfte schwinden vollständig, und nachher stirbt das Thier. So wie es gestorben ist, nimmt man Blut von ihm und impft dasselbe zwei grösseren Kaninchen und einem Hunde an drei Punkten des Rückens ein. Keines dieser Thiere zeigte den geringsten Einfluss der Inoculation.

Versuch 2. — 16. Mai 1877. — Eine ziemlich grosse Viper, am vorigen Tage gefangen, starb im Laboratorium, vielleicht weil sie einer grossen Wärme ausgesetzt war. Man zog das Gift, das in sehr kleiner Menge vorhanden war und Körperchen ohne Bewegungen enthielt, heraus. Dieses Gift wurde unter die Haut einer kleinen Hündin zusammen mit dem schon zerquetschten Vipernkopf gelegt. Die Hündin wurde nach fünf Stunden beobachtet; sie zeigte folgende Phänomene: Zuweilen wurde sie von einem convulsivischen Zittern der Glieder befallen, so dass sie zu Boden fiel, nach einiger Zeit stand sie wieder auf, wurde aber von demselben Zittern ergriffen und fiel wieder; der Puls war sehr häufig; Rectal-Temperatur 39,9° C. — Man zog ein wenig Blut aus der Femoralpulsader, das man defibrinirte. Dieses defibrinirte Blut in der Quantität von 17 Cc. wurde in die Femoralader eines Hündchens eingespritzt, welches kein Leiden zeigte. Dagegen starb die Hündin, der das Gift inoculirt war, nach einem langen Todeskampfe.

Versuch 3. — 1. Juli 1877. — Hund von Kilogr. 7, gesund und stark. Um 11 Uhr 30 Minuten Vormittags lässt man ihn an der Schleimhaut der Oberlippe von einer grossen Viper beissen. Gleich darauf erscheint er erstaunt und wie erschreckt, verliert den Harn, verlängert die Hinterbeine und kann kaum aufstehen. 15 Minuten nach dem Biss fällt er ohnmächtig zu Boden; der Puls ist sehr schwach, die Respiration sehr langsam; grosser Speichel- und Thränenfluss, häufiges Ablassen des Harns, Unbeweglichkeit. Man präparirt schnell die rechte Femoralpulsader und legt den Castelli'schen Transfusionsapparat an, und mittelst desselben lässt man einige Grm. Blut (von unbestimmter Menge) in die Jugularader eines gesunden und starken Hündchens übergehen. — 12 Uhr 5 Min. — Man nimmt ein anderes Hündchen und giesst noch einige Cc. Blut aus der Femoralpulsader des vergifteten Thieres in die Jugularis des gesunden. Die Herzschläge des gebissenen Thieres sind sehr häufig und klein. Wenn man einen N. Vagus entblösst und durch elektrische Ströme reizt, so bemerkt man das vollständige Aufhören des Herzschlags, und dies kam zu wiederholten Malen vor. Der Tod erfolgte 75 Minuten nach dem Bisse. Die Respiration hörte früher auf als die Herzschläge. — Bei der Section fand man das Blut schwarz und flüssig, das Herz in der Diastole und mit Blut ohne Gerinnsel gefüllt. Es ist jedoch an der Schleimhaut des Darmkanals, wo man die auffallendste Veränderung findet. Sie scheint wie von Blut vollgesaugt, ihre Farbe ist rothbraun, sie ist geschwollen, und wenn man mit einem Messerchen darüber streift, nimmt man einen Saft weg, welcher grösstentheils aus Blut besteht. Dieser Zustand fehlt an der Schleimhaut des Schlundes, welche ganz normal ist, beginnt am Cardias, ist minder ausgebildet im Magen als im Dünndarm, wo er vorherrscht, und der Dickdarm nimmt in minderem Grade Theil. — Die zwei Hündchen, in die das Blut des gebissenen Thieres transfundirt wurde, litten nichts, sie wurden einige Monate erhalten und wuchsen gesund und lebhaft.

Diese Erfolge scheinen mir hinreichend zu sein, um ausser Zweifel zu setzen, dass das Blut von Thieren, die durch

Vipern vergiftet waren, wenn es in andere gesunde Thiere transportirt wird, keinen Schaden hervorbringt. — Valentin hat einige Untersuchungen gemacht, welche auch in diesem Sinne sprechen. Er schreibt, dass es ihm nicht gelungen sei, Frösche zu tödten, denen er eine grosse Menge Blut eines anderen durch Viperngift getödteten Frosches unter die Haut einspritzte.

Die wirksame und tödtliche Substanz des Vipernbisses kann man also wie ein wahres Gift betrachten, d. h. ihre Wirkung mit derjenigen eines Alkaloïdes vergleichen. Wir wollen daran erinnern, dass das Viperngift, nach den Analysen von Luciano Bonaparte (Gazzetta Toscana 1843) aus einem eigenthümlichen Stoff (Ekidnin), einem gelben Farbstoffe, einer in Alkohol löslichen Substanz, aus Albumin oder Schleim, aus einem Fettstoffe und aus Salzen (Phosphaten und Chlorüren) besteht. Das Ekidnin (eine noch nicht analysirte Substanz) scheint der wirksame Stoff zu sein. — Wir wissen, dass die Ueberführung des Blutes eines durch irgend ein Alkaloïd vergifteten Thieres, in ein anderes gesundes Thier, keinen Schaden hervorbringt. In dieser Hinsicht sind die Bernard'schen Untersuchungen mit dem Curare schon bekannt. Dagegen ist eine kleine Quantität Blut eines an Milzbrand gestorbenen Thieres hinreichend, um den Tod herbeizuführen.

In ihren Untersuchungen über die Wirkungen des Giftes der Naja ægyptia und der Cerastes fanden Panceri und Gasco, dass die subcutane Injection des Blutes einer nach Vergiftung durch Naja ægyptia getödteten Taube in eine andere gesunde Taube keinen tödtlichen Erfolg hat. Im Gegentheil konnte Fayer[1]), unter die Haut das Blut der durch die Duboja Russelii oder Naja tripudians vergifteten Hühner einspritzend, mehrere Male den Tod anderer Hühner hervorbringen, und er sah auch einmal einen Sorex cœruleus sterben. Es wäre nöthig, diese Untersuchungen zu wiederholen.

2. Die grössere Zahl meiner Untersuchungen bezweckte, die Wirkung zu bestimmen, welche das Viperngift auf den Cardio-vasal-

[1]) Panceri e Gasco, Esperienze intorno agli effetti del veleno della Naja egisiana e della Ceraste. Napoli 1873.

apparat ausübt, und vorzugsweise die Veränderungen zu ermitteln, welche in dem Blutdruck vorkommen, deshalb liess ich die Vergiftung regelmässig, ohne Curarisation und ohne künstliche Athmung, fortschreiten. Ausserdem wurden die Thiere durch die Wirkung desselben Viperngiftes nach einer vorübergehenden Erschütterung ganz unbeweglich. Ich benutzte das Quecksilber-Manometer, das ich mit einer Femoralpulsader verband, und bemerkte den Druck vor und nach der Vergiftung.

Folgende sind einige meiner Versuche:

Versuch 4. 8. Juni 1878. — Hund von Kilogr. 8,350. Quecksilber-Manometer an der rechten Femoralpulsader, mittlerer Druck 170 Mm., systolische Excursion 15 Mm. Man unterbricht die Strömung in der Femoralpulsader mittelst der Anlegung einer Arterienzange, und lässt den Hund von einer grossen Viper in die Schleimhaut der linken Lippe beissen. 1 Uhr Nachmittags. Aus der Wunde, welche die Viper gemacht hat, fliessen einige Tropfen Blut. Die Lippe schwoll bald und wurde ein wenig violett.

1 Uhr 10 Min. Nachmittags. Man bemerkt den Druck an der Femoralis wiederum: 45 Mm.; systolische Excursion kaum erkennbar, von 3 bis 4 Mm.; mit der Hand kann man den Herzstoss nur mühsam wahrnehmen.

1 Uhr 15 Min. Nachmittags. Das Thier hat Anfälle von Erbrechen; losgebunden und auf den Boden gelegt, macht es einige Schritte, nachher fällt es; die Respiration ist häufig, schwer und hört dann auf. — Nach Untersuchung des aus der unteren Hohlader gezogenen Blutes findet man die rothen Körperchen von normaler Gestalt, aber ohne Farbstoff, welcher sich im Plasma befindet. — Die Schleimhaut des Magens und des Dünndarms ist violettröth gefärbt und geschwollen; nichts an der Milz, an der Leber u. s. w.

Versuch 5. 14. Juni 1878. — Grosser Hund; Gewicht von Kilogr. 15,800. Er hat einige Tage vorher den Schnitt des N. Vagus und Sympathicus erlitten und ist ein wenig muthlos. Manometer an der linken Femoralis: mittlerer Druck 140 Mm. Um 11 Uhr 25 Min. Vormittags lässt man ihn von der zu dem vorigen Versuch ge-

brauchten Viper an der Schleimhaut der Lippe beissen. Der Biss ist stark und aus der Wunde fliesst rothes Blut; der Hund schreit und zappelt. Das Manometer ist immer angelegt geblieben, aber in dem Augenblick des Bisses wurde der Blutstrom mit einer Arterienzange unterbrochen, welche bald weggenommen wurde. — Die Quecksilbersäule begann gleich nach dem Bisse zu sinken. 11 Uhr 30 Min. Vormittags mittlerer Druck 115 Mm. 11 Uhr 35 Min. mittlerer Druck 115 Mm. Das Thier zeigt sich niedergeschlagen, versucht nicht sich zu bewegen, und zappelt nicht mehr wie vorher, die Lippe ist geschwollen.

11 Uhr 43 Min. Vormittags. Druck 100 Mm. Man bindet das Thier los und legt es auf den Boden. Während des ganzen Tages blieb es auf dem Boden ausgestreckt liegen, den folgenden Tag fing seine Wiederherstellung an.

16. Juni. Die Lippengeschwulst ist fast gänzlich vergangen.

Versuch 6. — Hund von Kilogr. 12, gesund und kräftig. Manometer an der Femoralis:

12 Uhr 20 Min. Nachmittags. Druck 127 Mm.

12 Uhr 25 Min. Nachmittags. Man lässt den Hund an der Schleimhaut der Lippe von einer grossen Viper beissen.

12 Uhr 26 Min. Nachmittags. Druck 122 Mm.

12 Uhr 28 Min. Nachmittags. Druck 103 Mm.

12 Uhr 32 Min. Nachmittags. Druck 82 Mm. Die systolische Excursion wird immer undeutlicher.

12 Uhr 37 Min. Nachmittags. Druck 70 Mm. Man nimmt das Manometer weg und bindet das Thier los, welches niedergeschlagen ist. Um 4 Uhr Nachmittags dehnt es sich auf dem Boden aus; es ist sehr niedergeschlagen und kann nicht mehr aufstehen; um 5 Uhr 30 Min. Nachmittags war es todt.

Autopsie — starke Injection der Eingeweide des Bauchs — Blut fast flüssig.

Versuch 7. 1. Juli 1878. — Magere und ein wenig missmuthige, aber gesunde und starke Hündin, Gewicht von Kilogr. 7,500. Man präparirt die Jugularader und die Femoralpulsader einerseits. Queck-

silbermanometer an der Femoralis, mittlerer Druck 125 Mm. 11 Uhr Vormittags. Man spritzt durch die Jugularader das aus den Drüsen einer grossen Viper ausgezogene Gift ein. Es sind 10—20 Tropfen eines fadenziehenden Saftes, der sauer reagirt und unbewegliche Körperchen enthält, deren einige ganz und andere unvollständig sind. Das Gift wird in etwas Wasser aufgelöst, so dass man eine 1 Gr. Wasser fassende Pravaz'sche Spritze füllt. Sobald man die Einspritzung begonnen hat, stösst die Hündin ein heftiges Geschrei aus, der Druck sinkt herab, und die Spritze ist noch nicht ausgeleert, als der Druck auf 70 Mm. herabgesunken ist. Gleich nachher hörte die Quecksilbersäule auf zu schwanken, der Kreislauf war in der Femoralis angehalten; die Hündin verliert den Harn, hat einige Convulsionen der Glieder, und die Brust steht still im einathmenden Tetanus, die Zunge ist cyanotisch, die Cyanose ist sehr bemerkbar am Kopf und am Halse. Das Herz giebt einige Pulsschläge.

Mit grosser Schnelligkeit nimmt man eine andere Hündin und macht die unmittelbare Transfusion von fast 150 Gr. Blut aus der Karotide des gesunden Thieres in die Jugularis des kranken. Die vergiftete Hündin macht einige Athembewegungen und hat einige convulsivische Erschütterungen, aber sie stellt sich nicht wieder her, und um 11 Uhr 18 Min. Vormittags kann man den Herzstoss nicht mehr bemerken. Die Respiration hatte schon früher aufgehört.

Autopsie — 11 Uhr 20 Min. Vormittags. — Nachdem die Brust geöffnet ist, sieht man das Herz sehr geschwollen, schlaff und ganz unbeweglich. Mit starken unterbrochenen Strömen gereizt (ein Bunsen'sches Element, Du Bois-Reymond'sche Schlitte, Rollenabstand 5 Centim.) macht die Hündin einige wenig ausgedehnte Zuckungen. Die Pectoralmuskeln, das Zwerchfell und die Intercostalmuskeln sind sehr reizbar.

11 Uhr 23 Min. Vormittags. Man entblösst und reizt den linken N. Ischiadicus und sieht starke Zuckungen. Muskeln contractil. Die abdominalen Eingeweide sind überaus hyperämisch, die Darmschleimhaut ist injicirt und zeigt einige schwarze Flecken; starke und gleich-

förmige Injection der Magenschleimhaut. Das aus dem Herzen genommene Blut enthält Leucocyten inselförmig gruppirt.

2 Uhr Nachm. Die Todtenstarre der Glieder war unerheblich.

Versuch 8. 18. October 1878. — Hund von Kilogr. 10, gesund und kräftig. Man präparirt die rechte Jugularader und auch die rechte Femoralpulsader. Anlegen des Manometers an die Pulsader; Druck 170—175 Mm. Man spritzt in die Jugularis 18 Gr. Wasser ein, worin das aus einer grossen Viper gezogene Gift gelöst ist. Diese Viper hatte den 30. August, so wie sie gefangen wurde, einen grossen Hund gebissen, der nach wenigen Minuten starb; fast 15 Tage nachher biss sie noch einen anderen Hund, welcher sich wiederherstellte, und seitdem war sie nicht mehr gebraucht worden.

Einspritzung um 12 Uhr 10 Min. Nachmittags. Die Einspritzung war noch nicht beendet, als der Hund einen starken Schrei vor Schmerz ausstiess, und die manometrische Säule war schon herabgesunken, so dass sie um 12 Uhr 11 Min. Nachmittags 95 Mm. betrug, nachher setzte sie während zwei oder drei Minuten das Herabsinken fort und fiel bis auf 45 Mm. Diesem Sinken folgte ein leichtes Aufsteigen bis auf 65 Mm, nachher sank sie wiederum; die Schwankungen wurden immer unmerklicher, bis die Zusammenziehungen des Herzens um 12 Uhr 25 Min. nicht mehr bemerkbar waren. — In den letzten Augenblicken litt der Hund einige tetanische Zuckungen und starb unter den Erscheinungen von Tetanus inspiratorius: der Verstand, die Empfindlichkeit, die willkürlichen Bewegungen waren seit dem Augenblick der Injection erloschen. — Um 12 Uhr 15 Min. Nachmittags wurde der linke N. Vagus gereizt, und man sah, wie die manometrischen Schwankungen aufhörten und der Druck fiel; aber kurz vor dem Tode brachte die Reizung des Vagus eine Beschleunigung der Herzschläge hervor.

12 Uhr 28 Min. Nachmittags. Nachdem die Brust geöffnet worden war, fand man das Herz im vollständigen Stillstand, als aber der Herzbeutel weggenommen wurde, schlug der rechte Vorhof durch Berührung mit Luft und hörte bald auf.

12 Uhr 59 Min. Nachmittags. Die Muskeln und der rechte Vor-

hof waren durch einen an der Zunge merkbaren Strom noch zusammenziehbar. N. Ischiadicus noch reizbar. — 1 Uhr. Ventrikel hart, unbiegsam. — 1 Uhr 27 Min. Nachm. Das Herz herausgenommen, zieht sich die rechte Auricula unter der Elektricität zusammen. — 1 Uhr 40 Min. Nachmittags. N. Ischiadicus unreizbar; noch contractil sind dagegen die Muskeln des von der Haut bekleideten Beins. — Autopsie. Herz überaus ausgedehnt von schwarzem flüssigem Blut, welches sehr schwach und langsam an der Luft gerinnt. Die Blutkörperchen sind normal in Gestaltung und Farbe, aber mit Wasser behandelt, lösen sie sich sogleich auf. Unter dem Endokardium des linken Ventrikels findet man viele Blutergüsse, das Blut ist sehr schwarz und geht nicht in die Muskelsubstanz ein.

Der Darmkanal bietet das gewöhnliche charakteristische Ansehen, welches in einer feinen und sehr ausgeprägten Hyperämie vom Cardias bis zum After besteht; aber am meisten ausgesprochen ist diese am Dünndarm und besonders in seinem unteren Theile, wo man auch extravasirtes Blut findet. Die Magenschleimhaut ist weinroth gefärbt, im Dickdarm und hauptsächlich im Mastdarm sind die Veränderungen viel weniger bemerkbar. Die Milz, die Leber, die Nieren und die Nervencentra sind normal. — 24 Stunden nachher war die Todtenstarre sehr stark.

Ich kann die Erfolge meiner Untersuchungen in folgenden Sätzen zusammenfassen:

a) Durch die Wirkung des Viperngiftes vermindert sich stets der Blutdruck. — Die Verminderung kann sehr schnell und gross sein. So findet man 10 Minuten nach dem Biss an der Schleimhaut der Lippe den Druck von 170 auf 45 reducirt, und durch die intravasale Einspritzung des Giftes geschieht das Fallen augenblicklich, und es kann das Aufhören des Kreislaufs binnen einigen Minuten erfolgen. Die Verminderung kann aber auch stufenweise fortschreiten.

b) Zwischen der Schwere der Vergiftungserscheinungen, der grösseren oder geringeren Schnelligkeit des tödtlichen Erfolges und den Veränderungen in

dem Blutdrucke findet eine strenge Beziehung statt.

c) Wenn der Blutdruck ungefähr auf 50 Mm. herabgesunken war, erfolgte der Tod binnen wenigen Minuten.

Der Nervenapparat des Stillstandes des Herzens verliert durch die Wirkung des Viperngiftes seine Thätigkeit nicht, denn es erfolgt das Aufhören des Herzschlags durch die elektrische Reizung des N. Vagus. Es giebt jedoch ein Stadium der Vergiftung, und es ist dasjenige, welches dem Tode unmittelbar vorangeht, in dem durch die elektrische Reizung des Vagus eine Beschleunigung der Herzthätigkeit statt einer Verlangsamung oder eines Aufhörens stattfindet. Und dies ist weder eine neue, noch eine isolirte Thatsache, sondern sie wurde schon früher unter ähnlichen Umständen und zwar gerade in verschiedenen Vergiftungsfällen bemerkt. So wurde dies, um an einige dieser Thatsachen zu erinnern, von Giannuzzi[1]) nach giftigen Dosen von Aether und Strychnin, und zwar genau im letzten Stadium der Vergiftung, beobachtet. Dasselbe ward auch von mir einige Male in den letzten Augenblicken der Vergiftung durch CO_2 constatirt. Seit dem Jahre 1859 hatten Wundt und Schelske (Verhandl. d. naturhistor. Vereins in Heidelberg 1859) gesehen, dass man nach der Anwendung des Curare auch durch starke Erregungen des N. Vagus eine Beschleunigung der Pulsfrequenz erhalten kann. Die Thatsache wurde nachher von Schiff, Nussbaum und Böhm auch für die Säugethiere bestätigt, in welchen die starken und wiederholten Dosen von Curare die hemmenden Vagusfasern paralysiren. Und wenn Bezold, Vulpian, Meissner, Bidder dasselbe Resultat nicht gehabt haben, so ist dies von dem Umstande abhängig, dass die angewandte Dosis Curare noch zu klein war. Bezold, Blöbaum, Schiff und Andere bewiesen die wunderbare Eigenschaft, welche das Atropin hat, früher als alle anderen Substanzen, und zwar durch sehr kleine Dosen, die hemmenden Vagusfasern zu paralysiren. Und später wurde es von Rutherford und Schiff

[1]) Ricerche eseguite nel Gabinetto di fisiologia della R. Università di Siena 1872.

dargethan, dass bei Erregung des Vagus, nach Anwendung des Atropins, nicht nur nicht Hemmung, sondern sogar eine Beschleunigung der Pulsfrequenz stattfindet. Schmiedeberg sah dasselbe Phänomen bei den durch Nicotin vergifteten Fröschen, Böhm und Wartmann bei den durch Aconitin vergifteten Fröschen und Säugethieren. Endlich bemerkte Schiff neuerdings (Accademia dei Lincei, 1877) dieselbe Thatsache bei blutlosen Fröschen, denen er, nach Cohnheim'scher Methode, das Blut mit einer Kochsalzlösung substituirte. Diesem Satze aber ist jetzt von M. Luchsinger und Ludwig widersprochen worden (Centralblatt 1879 No. 23).

Wir verdanken besonders den Schiff'schen Studien (siehe seine letzte Arbeit: über den Ursprung der erregenden Herznerven, Pflüger's Archiv B. 18, S. 72), dass wir jetzt diese Thatsachen durch das Vorkommen sowohl von hemmenden, als von beschleunigenden Fasern im Vagus erklären können. So hat die von Moleschott und Schiff immer behauptete Lehre, dass der Vagus ein Nervus excito-motorius für das Herz sei, eine particlle Bestätigung gefunden. —

3. Das Herz der durch Viperngift getödteten Hunde zeigte sich nicht unreizbar, aber mittelst elektrischer Ströme und durch die Berührung mit Luft konnte man, nachdem man den Herzbeutel geöffnet hatte, Zusammenziehungen besonders der Vorhöfe hervorrufen. So erhielt man auch Zusammenziehungen der Muskeln, sowohl durch Anwendung der unterbrochenen Ströme auf die Muskeln, wie auf die Nerven. Die muskuläre Contractilität aber zeigte sich, obwohl nicht immer, sehr gemindert. Aber über diesen Punkt sind weitere Untersuchungen nöthig.

Bei den Fröschen hat Valentin keine Veränderung der Form in der Linie der Zusammenziehung des Muskels durch die Wirkung des Viperngiftes gesehen. Wenn dieses Gift geschwind und stark gewirkt hatte, fand er oft, schon nach fünf Stunden, dass die stärkeren elektrischen Ströme auf die Nerven oder Muskeln angewandt, keine Spur von Zusammenziehung mehr hervorbrachten. —

4. Es wurde besonders im vorigen Jahrhundert viel über die

Wirkung verhandelt, die das Viperngift auf das Blut ausübt. Ja es ward sogar von Einigen behauptet, dass dieses Gift dadurch wirke, dass es das Blut verändere, während Andere vielmehr eine Wirkung auf das Nervensystem annahmen.

Mead mischte, um zu bestimmen, ob das Viperngift irgend eine Wirkung auf's Blut besitze, mit einer halben Unze Blut fünf oder sechs Tropfen Viperngift. Er konnte weder in der Farbe, noch in der Consistenz des Blutes irgend eine Veränderung sehen. Fontana (im schon erwähnten Werke S. 255 u. folg.), der diese Untersuchung wiederholte, wobei er sich eines starken Mikroskopes bediente, sah das Blut in seinem natürlichen Zustande erhalten, die rothen Körperchen behielten ihre Gestalt und Farbe bei. Aber dieser fleissige und scharfe Untersucher begnügte sich nicht damit, sondern schritt zu einer neuen und sehr richtigen Untersuchungsart, die in dem unmittelbaren Einführen des Viperngiftes in's Blut des lebendigen Thieres bestand.

Folgender ist einer seiner Versuche:

„Einem grossen und starken Kaninchen spritzte ich in die Jugular-„ader mittelst einer Spritze das Gift zweier sehr grosser Vipern ein. „Die Einspritzung des Giftes war noch nicht beendet, als das Thier „zu schreien begann und unter sehr starken Convulsionen binnen 2 Mi-„nuten starb. Als ich die Brust öffnete, fand ich die Vorhöfe und die „Ventrikel des Herzens mit geronnenem Blute erfüllt. Es war viel „Lymphe in dem Herzbeutel, und es befand sich auch extravasirtes „und geronnenes Blut darin. Der Darm war sehr entzündet, sowie „auch der Magen und das Gekröse. Die Pulsadern waren im All-„gemeinen leer.“

In anderen ähnlichen Versuchen fand Fontana auch die Eingeweide entzündet, extravasirtes und im Bindegewebe, sowie in der Flüssigkeit des Herzbeutels gelöstes Blut, ausser blutigen Flecken auf den Herzwänden. — Brainard und Johnson sprechen von besondern Veränderungen der rothen Körperchen in den Vögeln, insofern die Körperchen viel runder würden. Lacombe glaubt hauptsächlich das Albumin des Blutes verändert (siehe Van Hasselt-Husemann, Handbuch der Toxikologie S. 307). —

Meine Untersuchungen wurden unter Umständen gemacht, die denen der jetzt erwähnten Fontana'schen ähnlich sind.

Das Blut der durch Vipernbiss vergifteten Hunde, welches aus den Gefässen genommen wurde, war mehr oder minder braun gefärbt, gerann langsam, und nahm, wenn es mit Sauerstoff geschüttelt wurde, nur langsam und unvollständig eine lebhaft rothe Farbe an. Unter dem Mikroskop sah man die rothen Körperchen zwar normal an Gestalt, aber nicht immer normal an Farbe. Denn in einigen Fällen hatten sie ihren Farbstoff verloren, der in's Plasma übergegangen war, welches daher röthlich erschien. Die weissen Körperchen waren, statt isolirt und frei zu sein, miteinander vereinigt und zusammengehäuft, so dass sie grosse Inseln bildeten. Wenn man dieses Blut mit Wasser, sehr verdünnter Essigsäure und anderen Reagentien behandelte, so bemerkte man, dass die Blutkörperchen bald sich auflösten und verschwanden, indem sie den obenerwähnten Reagentien einen weit geringeren Widerstand leisteten, als gewöhnlich.

5. Der nekroskopische Befund der durch Viperngift getödteten Thiere verdient wohl beachtet zu werden und gleicht, wie mir ein geübter pathologischer Anatom, dem ich meine Thiere wies, versicherte demjenigen eines sehr starken Ileo-Typhus im ersten Stadium; d. h. flüssiges, langsam gerinnbares Blut, überaus grosse Congestion der Eingeweide des Bauches, besonders des Dünndarms, dessen Schleimhaut geschwollen, injicirt, mit Blut überfüllt ist, welches sich auch an der Oberfläche ausgebreitet findet; einige blutdrünstige Flecken an den Serosen. Es scheint mir nicht, dass die Schriftsteller den Zustand des Darmkanals hinlänglich gewürdigt haben. Fontana schreibt, dass er ihn entzündet gefunden habe. Das Verhalten des Darmkanals macht es nach meiner Meinung möglich, viele Symptome zu erklären, welche bei den von der Viper gebissenen Menschen vorkommen; so erklärt es uns z. B. die Schmerzen am Nabel, das Erbrechen, die Gelbsucht und andere Störungen. Es ist auch die Schnelligkeit bemerkenswerth, mit der jene Störungen hervorgebracht werden, da einige Minuten hinreichend sind.

Eine ähnliche Veränderung des Darmkanals bemerkt man auch bei anderen Vergiftungen und insbesondere nach meinen Untersuchungen bei der Vergiftung durch Pilocarpin, und nach jenen von Rossbach bei der Vergiftung durch Colchicin[1]).

6. Ich werde diese meine Mittheilung mit einigen Bemerkungen schliessen, welche die Wirksamkeit des Viperngiftes betreffen. Wie bekannt, enthält dieses Gift Körperchen, die den Leucocyten des Blutes sehr ähnlich sind. Ich habe untersucht, ob ein Verhältniss zwischen der Wirksamkeit des Giftes und der Thätigkeit der Bewegung der Giftkörperchen stattfindet, und ich habe gefunden, dass das Gift, wenn auch jede Bewegung dieser Körperchen verschwunden war, seine ganze Wirkungskraft behielt.

Der aus der giftigen Drüse präparirte Saft ist wahrscheinlich fast unschädlich im Monat April, und es scheint dass seine Macht im Mai sich zu entwickeln beginnt, um in den folgenden Monaten zu wachsen, weil die Untersuchungen, welche im Beginn des April ausgeführt wurden, keinen Erfolg gaben, obwohl die gebrauchten Vipern sich lebhaft zeigten, während in anderen im Mai ausgeführten Untersuchungen mit Vipern, welche aus demselben Orte herstammten, sehr bedeutende Erscheinungen erhalten wurden.

Der Tod durch Viperngift wird in den warmblütigen Thieren vielleicht durch Lähmung des Athmens veranlasst.

Es möge die vorliegende Arbeit nur als eine vorläufige Erörterung des Gegenstandes gelten.

---

[1]) Die physiologischen Wirkungen des Colchicin. Pflüger's Archiv, Bd. XII S. 308.

XIII.

Ueber den Einfluss gemischten und farbigen Lichtes auf die Ausscheidung der Kohlensäure bei Thieren.

Untersuchungen

von

Jac. Moleschott und **S. Fubini.**

Con li bei raggi infonde
Vita e vertù quaggiuso
Nella materia sì, com'è disposta.
Dante Rime, Lib. IV, Canz. XII, p. 129.

I. Historischer Ueberblick und Fragestellung.

Die von Moleschott im Jahre 1855 in Heidelberg gemachte Entdeckung, dass die Frösche im Lichte mehr Kohlensäure aushauchen als im Dunkeln[1]), ist nunmehr vielseitig bestätigt worden.

Zunächst fanden die betreffenden Beobachtungen eine mittelbare Stütze in der von Pettenkofer und Voit im Jahre 1866 gemachten Erfahrung, nach welcher der Mensch Nachts während des Schlafes weniger Kohlensäure ausscheidet als während der strengsten Ruhe bei Tag[2]). Und später, im Jahre 1875 fand Pott denselben Unter-

---

[1]) Jac. Moleschott, Ueber den Einfluss des Lichts auf die Menge der vom Thierkörper ausgeschiedenen Kohlensäure, Wiener medicinische Wochenschrift, 1855. 27. October, Nr. 43. Annales des Sciences naturelles, Zoologie, série 4, Tome IV p. 209—224.

[2]) Pettenkofer und Voit, Ueber die Kohlensäureausscheidung und Sauerstoffaufnahme während des Wachens und Schlafens beim Menschen. Berichte der Münchner Academie 1866, 10. Nov.

schied für Tag und Nacht bei einer Maus [1]). Es ist freilich zu erwägen, dass das Athmen bei Tag und Nacht noch durch andere Einflüsse verschieden sein könnte, die nicht weniger eingreifend wären, als die Einwirkung von Licht und Dunkel, und ist hier gewiss in erster Reihe an die Zustände des Wachens oder Schlafens zu denken.

Ohne Zweifel wirkt die allseitige Ruhe während der Nacht im gleichen Sinne wie der mangelnde Lichtreiz, so dass die Abnahme in der Kohlensäureausscheidung von der Ruhe wie von der Dunkelheit hergeleitet werden könnte. Und wer die Thatsache, dass das Licht die Kohlensäureausscheidung vermehrt, bezweifeln wollte, konnte voraussetzen, dass die verminderte Kohlensäureausgabe in der Nacht durch die vollständigere Ruhe oder irgend einen anderen Einfluss nicht aber durch die Abwesenheit des Lichts bedingt würde.

Es mussten also unzweifelhaft unmittelbare Bestätigungen einer Entdeckung willkommen sein, die der Wissenschaft eine Thatsache einbrachte, welche für Viele befremdend war, weil sie einem jener beliebten Lehrsätze widersprach, durch welche man zwischen pflanzlichem und thierischem Stoffwechsel einen Gegensatz behaupten wollte. Nur die Pflanzen sollten in ihrem Gaswechsel dem Einfluss des Lichtes unterworfen sein.

Die Ersten, welche eine solche Bestätigung für Moleschott's Versuche an Fröschen gebracht, waren Selmi und Piacentini, die beim Hunde, der Turteltaube und der Henne die Kohlensäureausscheidung durch Lichteinwirkung sich steigern sahen [2]).

Leider sind die Versuche von Selmi und Piacentini nicht über jeden Einwand erhaben. In einigen derselben, die sie zwar als Vorversuche bezeichnen, von denen sie aber doch die Ergebnisse

[1]) Robert Pott, Vergleichende Untersuchung über die Mengenverhältnisse der durch Respiration und Perspiration ausgeschiedenen Kohlensäure bei verschiedenen Thierspecies in gleichen Zeiträumen nebst einigen Versuchen über Kohlensäureausscheidung desselben Thieres unter verschiedenen physiologischen Bedingungen. Habilitationsschrift, Jena 1875, S. 57, 58.

[2]) Antonio Selmie Giovanni Piacentini, Dell' influenza dei raggi colorati sulla respirazione, Rendiconti dell' Istituto Lombardo, serie II, vol. III. p. 51—63 (27. Gennajo 1870).

mittheilen, sammelten sie die von einem Hunde ausgeathmete Kohlensäure in einem Liebig'schen Kaliapparat, ohne dafür zu sorgen, dass das Wasser, welches der Luftstrom enthalten musste, vorher zurückgehalten ward. Sie verschweigen den Wärmegrad, der während des Versuchs im Thierbehälter herrschte und der während der Dunkelheit, die durch ein vorgehängtes schwarzes Tuch erzeugt ward, wahrscheinlich stieg. Auf andere Einzelnheiten, die rücksichtlich der Versuche zu bemerken sind, kommen wir später zurück. Aber gleich jetzt müssen wir hervorheben, dass in der Abhandlung der mantuanischen Forscher die Einzelangaben über die Versuchsergebnisse fehlen, was dem Schlusse, den sie in Summa daraus ziehen, nicht geringen Eintrag thut. Trotz alledem gebührt ihnen das Verdienst, dass sie zuerst an Warmblütern den Einfluss des Lichts auf die Kohlensäureausscheidung im Ganzen untersucht haben.

Von grösserer Bedeutung zur Bekräftigung von Moleschott's Entdeckung waren die Untersuchungen von Joseph Chasanowitz und Otto von Platen.

Der Erstgenannte, der unter von Wittich's Leitung in Königsberg arbeitete, bestätigte im Jahre 1872 bei Fröschen und Meerschweinchen die durch das Licht bedingte Vermehrung der Kohlensäureausscheidung. Chasanowitz fügte jedoch den früher beobachteten Thatsachen einen wichtigen Versuch hinzu. Auf Brown-Séquard's Vorschlag wiederholte er nämlich die vergleichenden Versuche an einem Frosche, dem er das Rückenmark hoch oben durchschnitten hatte, um das Thier unbeweglich zu machen, und auch nach diesem Eingriff fand er den Einfluss des Lichts in der vermehrten Kohlensäureabgabe nicht minder deutlich. Chasanowitz fand nämlich folgende Mittelwerthe für die von 100 Gramm Frosch in 24 Stunden ausgeschiedene:

	Kohlensäure.		Verhältniss.	
	Dunkel.	Licht.	Dunkel.	Licht
für unversehrte Frösche	0,329	0,514[1])	100 :	156
nach Durchschneidung des Rückenmarks	0,549	0,854	100 :	155.

[1]) Die Gewichtseinheit ist in dieser Abhandlung überall das Gramm.

Durch diese Versuche hat Chasanowitz den Zweifel Brown-Séquard's beseitigt, als wenn der Erfolg, den Moleschott geradezu von der Einwirkung des Lichts hergeleitet, von diesem nur mittelbar bedingt sein könnte, insofern nämlich der Lichtreiz die Frösche zur Bewegung angetrieben hätte. Allerdings begegnete diesem Zweifel schon die überaus grosse Zahl von Moleschott's Versuchen, da ja der störende Einfluss von Nebenumständen gerade durch die hinlänglich grosse Anzahl der Beobachtungen ausgeglichen wird. Und dazu kommt, dass auch die von Moleschott geblendeten Frösche die gleichsinnige Einwirkung des Lichts erlitten, obgleich sie während der Versuche ganz ruhig da sassen, was sehr oft auch bei den unversehrten der Fall war [1]).

Auf Grund der Untersuchungen Otto von Platen's, die in Pflüger's Laboratorium in Bonn ausgeführt wurden, sind zwei weitere Thatsachen erobert worden. An Kaninchen arbeitend, bei denen von Platen die Lungengase allein untersuchte, wies er nach, dass die Vermehrung der Gesammtkohlensäure, wie sie von Haut und Lungen bei Einwirkung des Lichts geliefert wird, auch für die allein von den Lungen ausgeathmete gültig ist, wie es sich freilich nach den an Säugethieren und Vögeln angestellten Versuchen kaum anders erwarten liess. Um so bedeutungsvoller ist das zweite Ergebniss der Arbeit von Platen's, dass nämlich das Licht nicht bloss die ausgeathmete Kohlensäure, sondern auch den eingeathmeten Sauerstoff vermehrt [2]). In von Platen's Versuchen ward, wenn sie im Dun-

[1]) Joseph Chasanowitz, Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Kohlensäure-Ausscheidung im thierischen Organismus, Inaugural-Dissertation, Königsberg 1872, S. 25, 26. Chasanowitz schreibt irrthümlicher Weise Béclard den oben angeführten Einwurf und Vorschlag zu, während Brown-Séquard die betreffende Bemerkung an Jules Béclard und Moleschott richtete, als er eine wichtige Arbeit des erstgenannten Forschers besprach, die uns im vierten Theile dieser Abhandlung beschäftigen wird. Siehe E. Brown-Séquard, Journal de la physiologie de l'homme et des animaux, 1858. T. I, p. 430.

[2]) Otto von Platen, Ueber den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel, in Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie des Menschen und der Thiere. Bonn 1875, Bd. XI, S. 272—290. Vgl. weiter diese Abhandlung S. 273.

keln stattfinden sollten, das Licht nur von den Augen ausgeschlossen.

Es war Fubini vorbehalten, den Antheil zu bestimmen, der unabhängig vom Lungenathmen dem Hautathmen unter der Einwirkung von Licht und Dunkel zukommt.

Die erste Versuchsreihe Fubini's bezog sich auf Frösche, denen er die Lungen weggenommen hatte. Diese Frösche athmeten im Licht durch die Haut so viel mehr Kohlensäure aus, dass sich die Mittelwerthe im Dunkeln und Hellen wie 100 : 134 verhielten. Mit diesen Versuchen hat Fubini zuerst durch Zahlenwerthe dargethan, wie sehr bei Fröschen das Hautathmen die Lungenathmung übertrifft. Er fand, dass Frösche nach Ausrottung der Lungen noch $^{10}/_{11}$ der Kohlensäuremenge liefern, die sie im unversehrten Zustande ausscheiden [1]), und hat damit die vielfach gemachte Beobachtung, dass Frösche Monate lang ohne Lungen leben können, genügend erklärt.

In einer zweiten Arbeit, die Fubini im Verein mit Dr. Ronchi und wie die erste im Turiner Laboratorium ausgeführt, ermittelte er, dass auch die menschliche Haut im Dunkeln weniger Kohlensäure ausathmet als im Hellen, und zwar in dem Verhältniss von 100 : 113 [2]).

Zu den mittelbaren Bestätigungen des Einflusses, den das Licht auf den Stoffwechsel übt, gehört noch eine wenig beachtete Erfahrung von Bidder und Schmidt. Sie fanden an einer hungernden Katze dass „in jeder Periode der Inanition der Gewichtsverlust während des Tages viel beträchtlicher ist als während der Nacht". Der Unterschied war jedoch in den drei letzten Tagen des Lebens weit geringer, weil das Thier erblindete, „der Einfluss des Tageslichtes mithin eliminirt wurde" [3]).

---

[1]) S. Fubini, Ueber den Einfluss des Lichts auf die Kohlensäure-Ausscheidung bei den Batrachiern nach Wegnahme der Lungen, im vorliegenden Bande dieser Untersuchungen, S. 103 und 110.

[2]) S. Fubini und J. Ronchi, Ueber die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen, ebendaselbst S. 10, 11.

[3]) Bidder und Schmidt, Die Verdauungssäfte und der Stoffwechsel. Mitau und Leipzig, 1852, S. 317, 318.

Um den Zustand unseres Wissens in Kürze zu bezeichnen, können wir die bisherigen Erfahrungen in Folgendem zusammenfassen. Der Einfluss des Lichtes, der darin besteht, dass er die Kohlensäureabgabe des Thierkörpers vergrössert, wurde an Fröschen [1]) entdeckt (Moleschott, 1855) und fand Bestätigung für den Hund, die Henne und die Turteltaube (Selmi und Piacentini, 1870), für Frösche und Meerschweinchen (Chasanowitz, 1872), für das Kaninchen (Otto von Platen, 1875), für Frösche ohne Lungen (Fubini, 1876) und für die menschliche Haut (Fubini und Ronchi, 1876). Chasanowitz lieferte den Beweis, dass das Licht den betreffenden Einfluss auch auf Frösche ausübt, die, weil ihr Rückenmark hoch oben durchschnitten worden, unbeweglich da sitzen mussten. Von Platen fügte die Thatsache hinzu, dass im Licht beim Lungenathmen nicht nur die Ausscheidung der Kohlensäure, sondern auch die Aufnahme des Sauerstoffs zunimmt. Die Arbeiten von Fubini und Ronchi haben schliesslich ermittelt, dass sich der Einfluss des Lichts sowohl am Haut-, wie am Lungenathmen bethätigt.

Wenn aber auch eine reiche Ausbeute von Beobachtungen, die unter sehr verschiedenen Versuchsbedingungen bei Amphibien, Vögeln und Säugethieren gewonnen wurden, die Grundwahrheit erwiesen hat, dass das Licht mächtig in den thierischen Stoffwechsel eingreift, so kann man nicht ein Gleiches behaupten rücksichtlich der Frage, die sich sogleich aufdrängt, ob nämlich das Licht, wenn es die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure stei-

[1]) Es ist hier ein Irrthum zu berichtigen, der sich in verschiedener Form bei zwei ausgezeichneten Schriftstellern eingeschlichen hat. Hoppe-Seyler sagt in seiner physiologischen Chemie (I. Theil, Allgemeine Biologie, Berlin 1877, S. 26), dass Moleschott seine Versuche an entleberten Fröschen angestellt, Voit dagegen (Ueber die Wirkung der Temperatur auf die Zersetzungen im Organismus der Warmblüter, Zeitschrift für Biologie, Bd. XIV, 1878, S. 130) giebt an, dass Moleschott an geblendeten Fröschen arbeitete. Die Wahrheit ist, dass Moleschott den Einfluss der Leber auf die Kohlensäureausscheidung an entleberten Fröschen studirt hat (Wiener medicinische Wochenschrift 1853 und Müller's Archiv 1853), den Einfluss des Lichts dagegen zunächst an unversehrten Fröschen, dann aber auch, um die Frage nach der Vermittelung des Einflusses zu

gert, ausschliesslich durch die Augen einwirkt, oder ob es sich bei diesem Einflusse zugleich um eine allgemeinere Einwirkung auf den thierischen Chemismus handelt.

Nichtsdestoweniger hatte Moleschott sogleich bei seiner ersten Arbeit diese Frage in's Auge gefasst und er hoffte sie zu lösen, indem er auch an geblendeten Fröschen die Ausscheidung der Kohlensäure im Dunkeln und Hellen messend bestimmte.

In erster Linie verglich er die Kohlensäuremenge, die unversehrte Frösche aushauchten, mit derjenigen, die von anderen Fröschen geliefert ward, deren Hornhaut auf beiden Augen durch eine vor 197 Tagen vorgenommene tiefe Aetzung mit salpetersaurem Silber verdunkelt war. Bei gleich starker Lichtwirkung im chemischen Sinne und gleichem Wärmegrad standen die Kohlensäuremengen, welche dieselbe Gewichtseinheit in gleicher Zeit geliefert hatte, für blinde und unversehrte Frösche in dem Verhältniss 100 : 114 [1]).

Unversehrte Frösche, die bald im Dunkeln, bald im Lichte athmeten, hatten das Verhältniss 100 : 125 ergeben [2]).

Der Unterschied zwischen Licht und Dunkel war also bei unversehrten Fröschen viel grösser als der zwischen unversehrten und blinden Fröschen, wenn beide bei gleichen Licht- und Wärmegraden athmen.

Hierauf stellte Moleschott sechsundzwanzig Vergleichsversuche mit lauter blinden Fröschen an, die er bald im Dunkeln, bald im Hellen athmen liess. Und auch bei diesen Fröschen, deren Augen von der Lichtwirkung ausgeschlossen waren, steigerte das Licht die Ausscheidung der Kohlensäure, und zwar in dem Verhältniss von 100 : 115 [3]).

Stellen wir die Zahlenverhältnisse zusammen, um den Vergleich zu erleichtern, dann finden wir für:

---

erörtern, an geblendeten Fröschen. Hoppe-Seyler hat übrigens auf S. 573 mit dankenswerther Genauigkeit jenen Irrthum berichtigt.

[1]) Moleschott, a. a. O., S. 687.

[2]) Moleschott, a. a. O., S. 682.

[3]) Moleschott, a. a. O., S. 688.

	Dunkel.		Licht.
unversehrte Frösche	100	:	125
blinde Frösche	100	:	115

und für blinde und sehende Frösche beide im Licht 100 : 114.

Und wenn man diese Zahlen in Worte übersetzt, ergiebt sich, dass der grösste Unterschied in der Kohlensäureausscheidung erzeugt ward, wenn unversehrte Thiere bald im Dunkeln, bald im Lichte athmeten, dass der Unterschied abnahm, wenn man blinde und unversehrte Thiere miteinander verglich, und dass er gleichfalls und ziemlich in gleichem Grade abnahm, wenn blinde Frösche abwechselnd der Dunkelheit oder dem Lichte ausgesetzt wurden. Also, nach Ausschluss des Auges war die Einwirkung des Lichtes weniger stark, die Kohlensäure sank von 125 auf 114, und dies kann nur bedeuten, dass das Auge zum Theil jenen Einfluss vermittelte, den das Licht auf die Bethätigung des Athmens ausübt. Aber, mochte auch das Auge ausgeschlossen sein, so übte doch das Licht auf die betreffenden Thiere noch den gleichsinnigen, wenn auch dem Grade nach schwächeren Einfluss, und Moleschott schloss daraus, dass ein Theil der Lichtwirkung, unabhängig von den Augen zu Stande kam und etwa durch die Haut vermittelt werden mochte.

Da von Platen bei Kaninchen den Einfluss der Augen für sich allein untersucht hat, indem er denselben bald blosse, bald durch einen undurchsichtigen Schirm verdeckte Gläser aufsetzte [1]), hat er für die Deutung, die Moleschott von der Mitwirkung des Auges gegeben, die augenfälligste Bestätigung beigebracht. Die von Kaninchen bei verdunkelten Augen ausgeathmete Kohlensäure stand zu der bei sehenden Augen gelieferten wie 100 : 114 [2]), ein Zahlenverhältniss, welches merkwürdiger Weise ganz mit demjenigen übereinstimmt, das Moleschott zwanzig Jahre bevor Pflüger den Gegenstand aufnahm ermittelt hatte.

Wenn aber Frösche, die seit 6½ Monat geblendet waren, den

[1]) Von Platen, a. a. O., S. 274.
[2]) Von Platen, a. a. O., S. 290.

Einfluss des Lichts in dem mehrfach erörterten Sinne erfuhren, müssen wir daraus folgern, dass ein Theil der Wirkung auf anderen Wegen in den Körper eindringen musste?

Uns will es so scheinen, und zwar um so mehr, weil das Licht in der That sehr tief in den Organismus eindringt.

Pflüger jedoch hat sich in einer Abhandlung über den Einfluss des Auges auf den Stoffwechsel nicht zu Gunsten von Moleschott's Beweisführung ausgesprochen [1]). Nicht als ob er die Möglichkeit einer Lichtwirkung in's Innere des Leibes zurückwiese, er bringt vielmehr wichtige Beweisgründe vor um sie zu vertheidigen. Pflüger erinnert nämlich an Versuche, die Dessaignes [2]) schon im Jahre 1810 angestellt hat und die in der That sehr beweiskräftig sind. Ein von einem Finger bedeckter Diamant kann durch diesen hindurch Licht genug empfangen um phosphorescirend, d. h. im Dunkeln leuchtend zu werden, und nicht etwa bloss der lebende Finger, sondern auch weiss gegerbtes oder sämisch gegerbtes Leder lässt das Licht in ähnlicher Weise durch. Aehnliches ergab sich für frische, mit ihrem

[1]) E. Pflüger, Ueber den Einfluss des Auges auf den thierischen Stoffwechsel, Pflüger's Archiv für die gesammte Physiologie, Bd. XI (1875), S. 268 und folgende.

[2]) Journal de physique, oder mit dem vollständigen Titel: J. C. Delamétherie, Journal de physique, de chimie et d'histoire naturelle, Novembre 1810: J. P. Dessaignes à J. C. Delamétherie, sur quelques phénomènes de phosphorescence par insolation, Vendôme le 6. Septembre 1810. Die Stelle scheint uns wichtig genug, um sie hier ganz mitzutheilen: p. 358 heisst es: „J'ai fait luire ce diamant à travers une peau de mouton mégissée; la même peau, mise en double, a intercepté tous les rayons. Il en a été de même de la peau de mouton chamoisée. Je l'ai fait luire à travers le bois de tilleul de 2,5 ou 7 millimètres d'épaisseur; au-delà de cette dernière dimension, il est insensible à la lumière. Il l'est également à travers une seule feuille d'étain semblable à celles dont on se sert pour l'étamage des glaces. Si on le couvre du doigt indicateur et qu'on expose celui-ci aux rayons du soleil, le diamant y prend un éclat aussi vif qu'à travers une feuille de papier: il luit même à travers l'épaisseur de la main, mais sa lueur est extrêmement faible. Parmi les corps opaques, ce sont donc les substances organiques vivantes, sans en excepter les os, qui sont les plus perméables à la lumière; c'est sans doute en raison des liquides qui dans l'état vivant en pénètrent tous les tissus."

natürlichen Wasser versehene Knochen, für Holz, ja für Lindenholz, nach Dessaignes, noch bei einer Dicke von 7 mm. Pflüger selbst giebt einen sehr bequemen Versuch an, durch den sich ein Jeder von einer freilich wohl bekannten Thatsache überzeugen kann, dass nämlich die geschlossenen Augenlider viel Licht durchlassen. „Man braucht sich am Tage", sagt Pflüger, „nur bei festgeschlossenen Augenlidern den Kopf mit einem dicken undurchsichtigen Tuch für einige Minuten zu bedecken und dann plötzlich das Tuch hinwegzuziehen, um sich von dem lebhaften Lichteindruck zu überzeugen, den die Retina trotz geschlossener Augenlider erfährt" [1]).

Nur dass gerade diese Thatsachen Pflüger den Haupteinwand leihen gegen Moleschott's Versuch, den doppelten Weg zu erforschen, auf welchem das Licht als Anregungsmittel für den Stoffwechsel in den Thierkörper eindringt. Denn Pflüger giebt wohl zu, dass die von Moleschott geblendeten Frösche nicht mehr sehen konnten, dass aber ihre Netzhaut unempfindlich war und folglich der Lichtreiz vom Auge ausgeschlossen gewesen sei, das ist der Punkt, in dem uns Pflüger nicht beistimmt. Er meint vielmehr, dass in dem grösseren Theile der von Moleschott geblendeten Frösche die Netzhaut unversehrt und im Schatten des Aetzschorfs, nach Art einer im Dunkeln gehaltenen Netzhaut, noch empfindlicher als gewöhnlich gewesen sei. Wir müssen bemerken, dass die stark geätzte Hornhaut so verändert war, dass man sechs oder sieben Monate nach der Aetzung kaum ihren ehemaligen Ort erkennen konnte und es so aussieht, als wären die Augen von gewöhnlicher Haut überzogen. Und wir sagen mit gutem Bedacht, dass es so aussieht, denn wir heben in unserer Sammlung noch zwei der damals geätzten Frösche auf, die viele Freunde und Fachgenossen mit uns für blind ansprechen. Leider ist die Netzhaut solcher Frösche nicht gleich nach den betreffenden Athemversuchen im frischen Zustand untersucht worden.

Mochte aber die Netzhaut der geblendeten Frösche immer so wohl erhalten sein, es ist doch mehr als zweifelhaft, dass dieselbe

---

[1]) Pflüger, a. a. O., S. 268, 269.

in den Fröschen, die sie nicht zum Sehen brauchen konnten, auf die Dauer, d. h. noch nach Monaten hinter der verdunkelten Hornhaut, einen erhöhten Grad von Reizbarkeit besessen haben sollte, wie das für eine Netzhaut der Fall ist, die für kurze Zeit beschattet war. Eine Netzhaut, die Monate lang geruht hat, dürfte, wenn sie nicht alles Empfindungsvermögen eingebüsst hat, jedenfalls in ihrer Empfindlichkeit bedeutend herabgesetzt sein, und es wäre auffallend, wenn sie unter dem Einfluss des Lichts noch so mächtig auf das Athmen einwirken könnte, wie dies in Moleschott's älteren Versuchen der Fall war.

Ein anderer Einwurf, den Pflüger erhebt, besteht darin, dass zwischen den von Moleschott gefundenen Werthen für die ausgeschiedene Kohlensäure und den Graden der Helligkeit, bei denen er seine Versuche anstellte, oder auch zwischen der Menge der Kohlensäure und der Tragweite der Lichtwirkung, nicht jenes Ebenmaass stattfinden soll, das man zu erwarten berechtigt wäre, wenn wirklich das Licht auf beiden Wegen, durch die Haut und durch die Augen, seinen Einfluss vermittelte.

Was zunächst die Ausdehnung der Lichtwirkung betrifft, so wundert sich Pflüger darüber, dass das Licht, indem es durch die Haut wirkte, einen grösseren Einfluss übte, als durch Haut und Augen zusammen [1]).

Dagegen ist zu bemerken, dass Pflüger, um diese Ungereimtheit in Moleschott's Zahlen zu finden, eine Auswahl getroffen hat, die weder billig, noch angemessen scheint. Er vergleicht nämlich den Einfluss, den verschiedene Lichtgrade auf unversehrte und blinde Thiere ausübten, und findet nach seiner Auffassungsweise nachstehende „Verhältnisse" zwischen den Lichtgraden und den Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure:

	Lichtgrade.	Ausgeschiedene Kohlensäure.
für unversehrte Frösche . .	100 : 226 [2])	. . . . 100 : 118
für blinde Frösche	100 : 145	. . . . 100 : 123.

[1]) Pflüger, a. a. O., S. 270.

[2]) In Folge eines Rechen-, Schreib- oder Druckfehlers heisst es bei Pflüger 223.

Aus diesen Zahlen schliesst Pflüger, dass stärkeres Licht auf unversehrte Frösche eine geringere Wirkung hervorbrachte, als schwächeres Licht auf blinde. Aber ein solcher Schluss könnte nur dann zu Recht bestehen, wenn es bewiesen wäre, dass die von Moleschott zur annähernden Schätzung der Lichtstärke benützte Farbenleiter es gestattet, die Farbentöne, die das Licht an den mit ammoniakalischer Chlorsilberlösung geschwängerten Papierstreifen hervorruft, und den Grad des Lichtreizes, der auf den Organismus wirkt, für geradezu proportional zu halten.

Wir werden auf diesen Punkt wiederholt zurückkommen müssen, möchten aber sogleich die Wirkung des Lichts durch's Auge allein mit der durch Haut und Auge vermittelten vergleichen, in der Art, wie dies nach unserer Ansicht von Pflüger hätte geschehen sollen.

Unter den zahlreichen Versuchen Moleschott's findet sich eine Reihe von 46 Vergleichsbeobachtungen, in welchen sich die Frösche im Dunkeln oder im Hellen aufhielten, und das Ergebniss für die ausgeschiedene Kohlensäure war:

Dunkel 100 : Licht 125;

für die blinden Frösche dagegen war das Verhältniss:

Dunkel 100 : Licht 115.

In diesen Zahlen, welche die unmittelbarste Antwort geben auf die Frage, die sich Moleschott früher als Pflüger vorgelegt, ist deutlich die annehmbare Thatsache ausgedrückt, dass die Kohlensäure unter dem Einflusse des Lichts in grösserer Menge ausgehaucht wird, wenn dieses zugleich auf Haut und Augen einwirkt, als wenn die Augen seiner Wirkung mehr oder weniger vollkommen entzogen sind.

Der Unterschied wird aber noch viel bedeutender, wenn wir nicht bloss Moleschott's Versuche an sehenden Fröschen zu Rath ziehen, sondern behufs der Vergleichung auch die Mittelwerthe berücksichtigen, die Chasanowitz[1]) und Fubini[2]) erhielten. Die ausgehauchte Kohlensäure betrug für 100 Gramm in 24 Stunden:

[1]) Chasanowitz, a. a. O., S. 25.

[2]) Fubini, im vorliegenden Bande dieser Untersuchungen, S. 110.

	Verhältniss: im Dunkeln.	im Hellen.	Dunkel.	Licht.	
bei unversehrten Fröschen	0,522	0,654	= 100	125	Moleschott
„ „ „	0,329	0,514	= 100	156	Chasanowitz
„ Fröschen ohne Lungen	0,424	0,569	= 100	134	Fubini.

Aus diesen Zahlen ergiebt sich als mittleres Verhältniss:

	Dunkel.	Licht.
für sehende Frösche	100	138
„ blinde „ war es . .	100	115.

Uns scheint der Unterschied bedeutend genug.

Mit Hülfe der Versuche Otto von Platen's können wir auch die Frage untersuchen, ob das Licht, wenn es bei Säugethieren nur den Augen entzogen wird, gleichen oder geringeren Erfolg hat, als wenn Haut und Augen zusammen bald dem Lichte, bald dem Dunkel ausgesetzt werden. Soweit bis jetzt Versuche darüber veröffentlicht wurden, ist für Säugethiere, die sich mit ihrem ganzen Körper im Dunkel oder im Licht befanden, das Verhältniss der ausgeschiedenen Kohlensäure:

	Dunkel.	Licht.	
beim Hunde	100	122	Selmi und Piacentini[1])
bei Meerschweinchen . .	100	130	Chasanowitz[2]).

Dagegen fand:

von Platen bei Kaninchen 100 : 114,

als das Licht bei den Versuchen im Dunkeln nur von den Augen abgehalten ward.

Freilich sammelte von Platen nur die von den Lungen herstammende Kohlensäure, Selmi und Piacentini jedoch, sowie Chasanowitz zugleich die Kohlensäure, die von der Haut herrührt. Allein der Antheil an Kohlensäure, den die Haut liefert, ist im Vergleich zu der von den Lungen ausgeathmeten bei Säugethieren so klein, dass, wenn man auch den höchsten bisher gefundenen Werth

[1]) Selmi und Piacentini, a. a. O., S. 54, 55.

[2]) Chasanowitz, a. a. O., S. 25.

zu den Zahlen von Platen's hinzuzählen wollte, doch immer das Ergebniss sich behauptet, durch die Augen allein übe das Licht geringeren Einfluss aus, als durch Haut und Augen vereinigt. Nach den Versuchen von Regnault und Reiset erreicht nämlich die von der Haut der Säugethiere ausgeschiedene Kohlensäure nur selten $^1/_{50}$ der Menge, die von den Lungen ausströmt[1]). Fügen wir nun den mittleren Verhältnisszahlen von Platen's für die im Dunkeln und die im Hellen gelieferte Kohlensäure je $^1/_{50}$ ihres eigenen Betrags hinzu, so erhalten wir das Verhältniss: 102 : 116,3. Und wenn wir auf Grund der Untersuchungen von Fubini und Ronchi, nach welchen das Licht auch die von der Haut abgegebene Kohlensäure steigert, und zwar in dem Verhältniss von 100 : 113, jenes obige Verhältniss berichtigen, so erhalten wir statt 102 : 116,3, 102 : 116,6 = 100 : 114,3; wollten wir aber auch das Verhältniss 100 : 115 annehmen um auch die von der Haut gelieferte Kohlensäure zu veranschlagen, so würde doch immer sich herausstellen, dass die Einwirkung des Lichts durch's Auge nur ein Theil ist von derjenigen durch Haut und Augen zusammen.

Nun muss man aber offenbar, um die Unterschiede der Kohlensäurewerthe mit den Lichtgraden, bei blinden und unversehrten Fröschen, zu vergleichen, nicht bloss die eine oder andere Versuchsreihe auswählen, man muss vielmehr alle Versuche zum Vergleich herbeiziehen, die ja nur deshalb von Moleschott so zahlreich angestellt wurden, weil angesichts einer Thatsache, die Pflüger eine „gewaltige" nennt[2]) und die er als eine „wichtige Entdeckung" bezeichnet[3]), einer Thatsache gegenüber, die also ihrem Entdecker jedenfalls neu erscheinen musste, Alles darauf ankam, sich gegen jede Täuschung durch Zufälligkeiten sicher zu stellen, indem nur grossen Zahlen und deren Mittelwerthen Vertrauen geschenkt wurde.

Aus den Tabellen V, VI und VII in Moleschott's wieder-

[1]) Regnault und Reiset, Annales de chimie et de physique, 3. série, T. XXVI, p. 518.

[2]) Pflüger, a. a. O., S. 268.

[3]) Pflüger, a. a. O., S. 271.

holt angeführter Arbeit [1]) ergeben sich folgende Lichtgrade und ihnen entsprechende Kohlensäurewerthe für unversehrte Frösche:

A.

Lichtgrade.	Kohlensäurewerthe.
1,7 : 3,5 : 5,7	0,447 : 0,592 : 0,679
100 : 205 : 335	100 : 132 : 152.

Aus den Tabellen III und IV der erwähnten Arbeit [2]) entnimmt man immer für sehende Frösche:

B.

Lichtgrade.	Kohlensäurewerthe.
3,27 : 7,38	0,545 : 0,645
100 : 226	100 : 118.

Und wenn man diese beiden Zahlenreihen in der Art miteinander verbindet, dass man aus den einander nahestehenden Lichtgraden (205 und 226) und den ihnen entsprechenden Kohlensäurewerthen das Mittel nimmt, erhält man:

C.

Lichtgrade.	Kohlensäurewerthe.
100 : 215 : 335	100 : 125 : 152.

Für blinde Frösche fand sich, wie oben erwähnt:

D.

Lichtgrade 100 : 145 Kohlensäurewerthe 100 : 123.

Sehr bereitwillig räumen wir ein, dass in diesen Zahlen nicht jene Ebenmässigkeit herrscht, die man erwarten könnte, wenn wirklich der Lichtgrad IV doppelt so viel bedeutete, wie der Lichtgrad II, und dass, wenn dem so wäre, man sich darüber wundern müsste, dass bei den blinden Fröschen (Reihe D) ein schwächerer Lichtgrad mehr gewirkt hätte, als ein stärkerer Lichtgrad in einer der Versuchsreihen mit sehenden Fröschen (Reihe B). Jedenfalls darf man aber das Auge nicht verschliessen für den erheblichen Unterschied, der in der anderen Versuchsreihe an unversehrten Thieren (siehe A und C)

[1]) Moleschott, a. a. O., S. 685, 686.

[2]) Moleschott, a. a. O., S. 683, 684.

die Kohlensäurewerthe und Lichtgrade miteinander in Wachsthum begriffen zeigt.

Es wäre aber die grösste Willkür, wenn man die Farbenleiter der mehr oder weniger dunklen Töne, die lichtempfindliche Papierstreifen, gleich lange dem Licht ausgesetzt, annehmen [1]), als Grössenverhältnisse behandeln wollte, auf die das Einmaleins anwendbar wäre. Jene von einem Maler entworfene Farbenleiter gestattet eine ungefähre Schätzung, ihre Grade gewähren ein Urtheil über Mehr oder Weniger, aber kein Maass, das zur Aufstellung ebenmässiger Verhältnisse berechtigen könnte.

Moleschott legte bei seinen ersten Versuchen einen grossen Werth darauf, dass die Frösche, die an hellen Tagen im Licht viel mehr Kohlensäure ausgehaucht hatten, an wolkigen, nebelgrauen Tagen, im Hellen oder Dunkeln athmend, keinen Unterschied in der Kohlensäureausscheidung bemerken liessen. Und so schien es ihm, und scheint es uns heute sehr einleuchtend, dass, wenn man die vergleichenden Versuchsreihen nach der Stärke der Lichtgrade in zwei oder drei Gruppen eintheilt, entsprechend der chemischen Wirksamkeit des Lichts, sowohl bei blinden, als bei sehenden Fröschen eine grössere Menge Kohlensäure erzeugt wurde, so zwar dass im Grossen und Ganzen die grössere Lichtstärke und die stärkere Kohlensäureabgabe mit ihren Mittelwerthen in gleicher Richtung, wenn auch nicht in gleichem Schritt,

[1]) Das lichtprüfende Papier ward in folgender Weise hergestellt. Eine halbe Stunde vor der Anwendung ward ein Streifen ungeleimten Papiers in eine gesättigte Lösung von Chlorammonium getaucht und 3 Minuten darin erhalten, darauf rasch zwischen Fliesspapier getrocknet und nun auf $1^1/_2$ Minute in eine gleichfalls gesättigte, mit Ammoniak versetzte Lösung salpetersauren Silbers getaucht. Darauf blieb der Streifen in einer Messingschachtel frei aufgehängt, um ihn in dem gewünschten Augenblick auf einer Glastafel auszubreiten, auf welcher er dicht vor dem Thierbehälter 5 Minuten lang dem Licht ausgesetzt blieb. Der Grad der chemischen Lichtstärke ward mit Hülfe einer Farbenleiter violett-schwarzer Töne bemessen, die der Maler Schall in Berlin angefertigt hatte und von der eine befriedigende Nachbildung dieser Abhandlung beigegeben ist. Siehe Moleschott's Abhandlung vom Jahre 1855, wo es auf S. 683 in den Zeilen 17, 18 von oben statt „Ammoniak" Salmiak heissen muss.

nebeneinander herliefen. Wenn man in solchen Dingen mehr verlangt, dann jagt man einem Trugbild nach, von welchem Johannes Müller sagte, es sei zu schön, um wahr zu sein.

Wenn nun aber die Frösche, bei denen nur die Haut die Lichtwirkung erfuhr, für die sogenannten chemischen Strahlen empfindlicher waren, als unversehrte Frösche, könnte das nicht bedeuten, dass die stärker brechbaren Strahlen des Spectrum das Auge weniger beeinflussen, als die schwächer brechbaren, so zwar, dass wenn man nur die chemische Stärke des Lichtes misst, die sehenden Frösche etwas minder deutlich, als die blinden, die Zu- und Abnahme der Kohlensäure mit dem Steigen und Fallen des Lichtgrads erkennen lassen? In diesem Falle wäre es nicht wunderbar, dass die chemische Wirkung verschiedener Lichtgrade bei Thieren in so verschiedenen Verhältnissen, wie blinde und sehende Frösche, zwar mit dem Lichtgrad wüchse, aber kein Ebenmaass mit diesem zeigte, und die fehlende Ebenmässigkeit könnte nur dann auffallen, wenn Pflüger's Annahme begründet wäre, dass Moleschott's nicht sehen könnende Frösche hinter ihrer geschwärzten Hornhaut eine Netzhaut besessen hätten, die durch das Licht ebenso oder beinahe ebenso stark erregt wurde, wie die Netzhaut der sehenden Thiere.

So besteht denn das Hauptergebniss, das bisher errungen wurde, in folgenden Thatsachen.

Wenn das Licht bei Fröschen durch die Haut allein einwirkt, dann ist die Vermehrung in der Kohlensäureabgabe geringer (100 : 115, **Moleschott**), als wenn es zugleich in die Haut und die Augen eindringt (100 : 138, **Moleschott, Chasanowitz, Fubini**).

Und umgekehrt, wenn nur die Augen bei Säugethieren abwechselnd beschattet und erleuchtet werden, dann ist der Erfolg für die Kohlensäureausscheidung geringer (100 : 115, **von Platen**), als in dem Falle, in welchem das ganze Thier, mit Haut und Augen, der Lichtwirkung zugänglich ist (100 : 126, **Selmi-Piacentini** und **Chasanowitz**).

Mit einem Worte, das Licht befördert die Kohlensäure-

abgabe bei den Säugethieren nicht bloss durch die Augen, sondern auch durch Vermittlung der Haut, bei den Fröschen nicht bloss durch die Haut, sondern auch durch Vermittlung der Augen.

Pflüger hätte gewollt, dass Moleschott, um die zweite Hälfte des letzten Absatzes zu erweisen, auch die blinden und die sehenden Frösche mit einander verglichen hätte, indem er die einen und die anderen im Dunkeln athmen liess, und zwar weil möglicher Weise auch im Dunkeln die unversehrten Frösche mehr Kohlensäure geliefert haben würden als die blinden, wodurch erwiesen gewesen wäre, dass es sich gar nicht um eine Lichtwirkung gehandelt haben würde [1]). Ich bedauere, dass ich eine solche Versuchsreihe mit den Fröschen, die mir die in der IX. Tabelle verzeichneten Werthe geliefert haben [2]), nicht angestellt. Indessen enthält Tabelle VII Kohlensäurewerthe sehender Frösche, die im Dunkeln aufbewahrt wurden und im Dunkeln athmeten, und diese Werthe lassen sich in Pflüger's Sinn vergleichen mit den Versuchen, die im Dunkeln an blinden Fröschen angestellt wurden und in der Tabelle X verzeichnet sind [3]). Wenn wir die betreffenden Mittelwerthe zusammenstellen, finden wir die im Dunkeln ausgeschiedene Kohlensäure für:

blinde Frösche	sehende Frösche
0,469	0,459,

und diese Zahlen dürften Pflüger zufrieden stellen.

Wir können aber nicht verhehlen, dass wir gegen Pflüger's Forderung und Folgerung ein kleines Bedenken haben. Ist es doch wahrscheinlich, dass das Auge, selbst im Dunkeln, niemals ruht, da wir uns ja der Dunkelheit bewusst sind, folglich das Dunkel wie das Licht empfinden. Es könnte daher sein, dass bei einem Thier, das der Augen verlustig gegangen, auch im Dunkeln die Kohlensäurebildung weniger thätig wäre, als zur Zeit, in der die Sehwerkzeuge

---

[1]) Pflüger, a. a. O., S. 270, 271.

[2]) Moleschott, a. a. O., S. 687.

[3]) Moleschott, a. a. O., S. 686, Tabelle VII, S. 687, 688, Tabelle X.

noch vorhanden waren. Wir haben in der That nach Entfernung der Augen bei Fröschen, Vögeln und Säugethieren, sowohl im Dunkeln wie im Licht, wiederholt eine Abnahme in der Kohlensäureausscheidung beobachtet, und zwar bei Versuchen, die an demselben Thiere, im Licht wie im Dunkel, vor und nach der Ausrottung der Augen angestellt worden [1]).

Trotz alledem konnte es uns nicht anstehen, uns mit kritischen Bemerkungen zu begnügen, wo ein so ausgezeichneter Fachgenosse, wie Pflüger, seine Zweifel ausgesprochen. Wir haben uns daher die Aufgabe gestellt, durch zahlreiche Versuche den Punkt aufzuklären, auf den jene Zweifel zielen, nämlich die Frage, ob das Licht, auch ohne Vermittlung der Augen, den Stoffwechsel anregt, wie das an einer vermehrten Kohlensäurebildung zu erkennen wäre. Wir haben es uns also angelegen sein lassen, den Einfluss des Lichts an Thieren zu untersuchen, denen wir die Augen genommen hatten, sei es durch Ausrottung mit schneidenden Werkzeugen oder durch Zerstörung mit dem Glüheisen und nachfolgender Aetzung mit Kali.

Nachdem es sich herausgestellt hatte, dass das Licht auch bei Säugethieren, Vögeln und Fröschen, die der Augen gänzlich beraubt sind, die Kohlensäureabgabe vermehrt, haben wir unsere Untersuchungen auf getrennte Gewebe, auf Muskeln, Hirn und Rückenmark ausgedehnt.

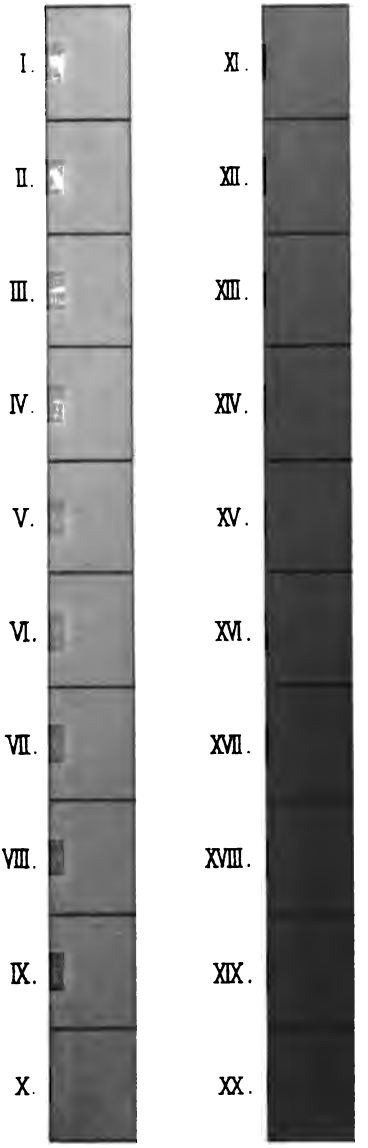
Schliesslich wollten wir den Einfluss farbigen Lichts auf das Athmen studiren, um so mehr, als Einer von uns schon in den Jahren 1856 und 1857 in Zürich viele Versuche über die Einwirkung farbigen Lichts auf die Kohlensäureausscheidung der Frösche angestellt, die nicht ganz stimmen zu dem, was erst Selmi und Piacentini, dann Pott aus Versuchen gefolgert, über welche dieses und jenes zu bemerken sein wird.

Wir theilen also diese Abhandlung in vier Theile. Der erste ist diese geschichtliche Darlegung früherer Arbeiten und der weiteren Auf-

---

1) Man sehe den zweiten Theil dieser Abhandlung, S. 300, 301, 309, Tabelle Ib, IIb (Frosch), VIb (Sperling), VIIb letzte Abtheilung (Wanderratte), VIIIb (Haselmaus).

SCHALL'S LICHTLEITER.



Moleschott & Fubini, Einfluss des Lichts.

Untersuchungen zur Naturlehre v. Jac. Moleschott XII Band.

Roth in Giessen

Lith. v. Werner & Winter Frankfurt a/M.

gabe, die wir uns gestellt. Der zweite Theil behandelt die Untersuchungen über den Einfluss gemischten Lichts auf die Kohlensäurebildung augenloser Thiere; der dritte bringt die Versuche, um dieselbe Einwirkung an abgelösten Geweben zu prüfen; der vierte endlich bespricht die Studien über den Einfluss des farbigen Lichtes. Es sei uns gestattet, hier sogleich hervorzuheben, dass unsere Arbeit sich nicht bloss auf Amphibien, sondern auch auf Vögel und Säugethiere bezieht.

II. Ueber den Einfluss gemischten Lichts auf die Kohlensäureausscheidung bei augenlosen Thieren.

1. Methode.

Die Methode, die uns am besten befriedigt hat, um die von den Thieren ausgeathmete Kohlensäure zu bestimmen, besteht darin, die Luft der Thierkammer durch ein Rohr mit Natronkalk hindurch zu saugen, welchem zwei andere mit Stückchen Aetzkali in runden Stäbchen (in baculis) nachfolgen. Dieses Verfahren führt rasch und sicher zum Ziel.

Bevor der Natronkalk in sein Rohr eingefüllt wurde, ward er gelinde im Glasrohr erhitzt, um den grössten Theil seines Wassergehalts zu verjagen, und so bildet dieser Stoff ein vortreffliches Mittel, um Kohlensäure zurückzuhalten. Er ward denn auch schon im Jahr 1845 von G. J. Mulder nachdrücklich zu diesem Zweck empfohlen.

Vor und nach jedem Versuch ward das Rohr mit Natronkalk, zusammen mit dem ersten Kalirohr, gewogen, darauf gesondert auch das zweite Kalirohr. Wenn das letztere an Gewicht kaum zugenommen oder, wie das nicht selten geschah, um einige Zehntel Milligramm abgenommen, war es gewiss, dass die beiden erstgenannten Röhren alle Kohlensäure zurückgehalten hatten. War dagegen das Gewicht des dritten Rohrs, also des zweiten Kalirohrs, erheblich vermehrt, so war dies das Anzeichen, dass die Füllung des Rohrs mit Natronkalk und die des zweiten Kalirohrs erneuert werden musste.

Aus diesem Grunde wurde das dritte Röhrchen, das wir gerne den „Wächter“ nannten, einzeln gewogen.

Ehe die von dem Thierbehälter kommende Luft zu den Röhren gelangte, in denen sie ihre Kohlensäure absetzen musste, strich sie durch zwei U-förmige Glasröhren, die mit concentrirter, reiner Schwefelsäure benetzte Glasperlen enthielten, damit die Luft ihren Wassergehalt vollständig abgegeben hätte, bevor sie mit dem Natronkalk des ersten Sammelrohrs in Berührung kam.

Ein ähnliches Röhrchen mit Perlen, die einen Ueberzug von Schwefelsäure hatten, war zwischen dem „Wächter“ und dem Aspirator eingeschaltet. Letzterer war ein grosser Brunner'scher Aspirator, der etwa 36 Liter enthalten konnte. Dieser war mit Wasser geladen und stand unmittelbar mit dem soeben genannten Trockenrohr in Verbindung; hierdurch war die Gefahr beseitigt, dass während der Vorbereitung der Versuche die Sammelröhren vom Aspirator her Wasser anziehen könnten.

Dem Thierbehälter vorauf ging eine Woulff'sche Flasche, die etwa zu einem Drittel ihrer Höhe mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt war, und vor dieser befand sich eine andere Woulff'sche Flasche mit starker Kalilauge.

Indem man nun das Wasser aus dem Aspirator abträufeln liess, strömte die Luft, kleine Blasen werfend, erst durch die Kalilösung, der sie die Kohlensäure der Atmosphäre abtrat, dann über die Schwefelsäure der zweiten Woulff'schen Flasche, und aus dieser in die Thierkammer, in welche sie also frei von Kohlensäure und nicht zu reichlich mit Wasserdampf beladen eindrang. Vom Thiere kommend durchsetzte die Luft zunächst die beiden Trockenröhren, darauf die drei Sammelröhren, und nachdem sie noch durch ein letztes Trockenrohr hindurchgegangen, gelangte sie in den Aspirator.

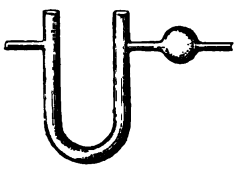
Somit konnte die Luft in den Sammelröhren nur die Kohlensäure absetzen, die das Thier während des Versuchs geliefert hatte.

Der Luftstrom, der in die Vorrichtung eindrang, hatte keinen anderen Widerstand zu besiegen, als den einer 4—5 Millimeter hohen Säule von Kalilösung, indem das Eingangsrohr so tief in die Flüssig-

keit der ersten Woulff'schen Flasche tauchte. Denn in der zweiten Woulff'schen Flasche strich der Luftstrom bloss über Schwefelsäure hinweg, ohne durch dieselbe hindurch zu perlen, d. h. das Zuleitungsrohr tauchte nicht in die Schwefelsäure, und die Trockenröhren, welche die mit Schwefelsäure getränkten Perlen enthielten, wurden auf Tischchen, die man höher und niedriger stellen konnte, in beinahe horizontaler Lage erhalten, so dass sich auf ihrem Boden keine Schwefelsäure anhäufen konnte, welche die Luft hätte durchbrechen müssen.

Daraus erwuchs der Vortheil, dass der Luftstrom leicht, regel- und gleichmässig die sämmtlichen Theile der Vorrichtung durchsetzte. Wenn das Wasser aus dem Abflussrohr des Aspirators tropfenweise abfloss, ging die Luft in abgesetzten Bläschen durch die Kalilauge der Woulff'schen Flasche, welche dem ganzen System als Vorkammer dient.

Alle Röhrchen sind U-förmig gebogen. Als Sammelröhren benützen wir seit einiger Zeit mit Vorliebe die Marchand'schen Röhren, die aus Einem Stück mit den horizontalen Zuleitungsröhrchen verschmolzen sind, die mittelst Kautschuckröhrchen zur Verbindung der Röhren unter einander dienen[1]). Ein Jeder sieht, wie leicht es ist, die Oeffnungen der weiten Schenkel dieser Röhren luftdicht zu schliessen, da man keiner durchbohrten Stöpsel bedarf, während es nicht minder bequem ist, dass man an den horizontalen engeren Röhrchen unmittelbar die Platindrähte anbringen kann, mit denen die Röhren an das Häkchen der Wage aufgehängt werden.



Der Thierbehälter war ein Glascylinder von 650 Kcm. Inhalt. Er war mit einem dreifach durchbohrten Messingdeckel geschlossen. Durch die mittlere Bohrung geht ein Thermometer, der in's Innere der Thierkammer hineinragte. Die Zugangsöffnung ist von einem knieförmig gebogenen Messingrohr durchsetzt, dessen vertikaler Schen-

[1]) Siehe Nr. 526 in dem Catalog von Reatz (Noellner) in Darmstadt, 1876, S. 48.

kel mit seinem unteren Ende beinahe den Boden des Behälters berührte. Durch die Ausgangsöffnung ging ein ähnliches Messingrohr, dessen vertikaler Schenkel dicht unter dem Deckel endigte. Solchergestalt musste der Luftstrom die Thierkammer von unten nach oben durchsetzen.

In den horizontalen Armen dieser Messingröhren sind Hähne angebracht, um den Thierbehälter auf kurze Zeit schliessen zu können, wenn zwischen zwei Versuchen die Sammelröhren gewechselt werden.

Am meisten Sorgfalt bei Anstellung der Versuche erfordert der Verschluss des Deckels auf dem Behälter. Er ward erleichtert durch den breiten, flach geschliffenen Rand, den oben die Wand des Glascylinders besitzt; diesem lag nämlich der Rand des Messingdeckels auf, ohne den freien Umfang des Glasrandes zu erreichen. Ein vertikal stehender flacher Reif, der unten am Deckel befestigt ist, ward in den Cylinder geschoben. So wie das Thier in diesen hineingebracht und der Deckel aufgesetzt war, ward mit grosser Aufmerksamkeit ein geschmolzenes Gemisch von zwei Theilen Geigenharz und einem Theil gelbes Wachs mittelst eines Pinsels auf die Ränder des Deckels und Cylinders aufgetragen. Dieses Klebemittel besitzt die vortreffliche Eigenschaft, dass es sogleich bei der Luftwärme erstarrt, wenn diese nicht gar zu hoch ist. Ist dies der Fall, dann braucht man nur die Menge des Geigenharzes im Verhältniss zum gelben Wachse etwas zu erhöhen.

So bequem auch dieses Klebemittel ist, so bringt doch sein Gebrauch einen Uebelstand mit sich, der darin besteht, dass die in dem Thierbehälter eingeschlossene Luft um einige Grad erhöht wird. Deshalb musste es zur Regel gemacht werden, den Versuch nicht sogleich nachdem das Thier in den Behälter eingeschlossen worden zu beginnen, sondern erst durch diesen einen Luftstrom zu leiten, der zuvor durch die beiden Woulff'schen Flaschen, also durch die Kalilauge der ersten und über die Schwefelsäure der zweiten hinweg gesogen worden, während der Thierbehälter mit dem Aspirator durch ein Kautschukrohr unmittelbar verbunden war, bis die Wärme des Behälters mit der des Zimmers beinahe übereinstimmte.

Um keinen Rückstand von Kohlensäure im Thierbehälter zu haben, wurde der Luftstrom in den letzten fünf Minuten mit grösserer Schnel-

ligkeit durch den Cylinder geleitet, darauf die beiden Hähne der horizontalen Schenkel der in den Deckel eingefügten Messingröhren geschlossen, die Verbindungen der Sammelröhren mit den Trockenröhren, sowie der Woulff'schen Flaschen mit der Thierkammer rasch hergestellt, die Hähne wieder geöffnet und der Versuch begonnen. Der Luftstrom wurde solcher Weise auch gegen Ende eines jeden Versuchs beschleunigt, und da immer die Dreizahl abgewogener Sammelröhren zum Ersatz für die gebrauchten und zu wägenden bereit gehalten ward, so konnten wir zu Zweien arbeitend drei und mehr Vergleichsversuche ohne Unterbrechung hinter einander anstellen. Zur Erneuerung der Sammelröhren wurden nämlich nicht mehr als zwei bis drei Minuten in Anspruch genommen. Auch wenn die neuen Sammelröhren eingeschaltet waren, wurde der Luftstrom zwei bis drei Minuten lang etwas schneller durchgeleitet als während der Hauptzeit des Versuchs, um die während des Verschlusses der Hähne der Messingröhren im Cylinder angesammelte Kohlensäure rasch zu entfernen.

Die Versuche wurden in einem mit weissem, nicht glänzendem Papier tapezirten Zimmer ausgeführt, welches nach Südwesten liegt. Das Thier stand mit seinem Behälter nahe dem Fenster auf einem kleinen Tischchen, das mittelst einer Schraube höher und niedriger gestellt werden konnte. Wenn der Athemversuch im Dunkeln geschehen sollte, war der Cylinder von einem grauen Pappdeckel umgeben, der biegsam genug war, um ihn bequem aufrollen und um den Cylinder festbinden zu können. Er umgab den Cylinder in zwei- bis dreifacher Schicht und war immer derselbe. Für die Versuche im Licht ward dieser Pappdeckel entfernt. Es wurde mit Hülfe eines kleinen Schirms dafür gesorgt, dass das Thier nicht von den gerade auffallenden Sonnenstrahlen getroffen ward, wozu indess in den meisten Versuchen keine Vorkehrung nöthig war, weil gegenüberliegende Gebäude das unmittelbar aufstrahlende Licht abhielten.

Schon bei Moleschott's ersten Versuchen hatte jener Ueberzug von grauem Pappdeckel die besten Dienste geleistet, insofern sich für die Stunden, in welchen die Thiere im Licht athmeten oder im Dunkeln gehalten wurden, nur geringe Wärmeunterschiede ergaben.

Nur wenn die Sonne grosse Hitze verursachte, war es nöthig, von Zeit zu Zeit kühles Wasser auf den Messingdeckel des Thierbehälters zu giessen, um im Licht und Dunkel annähernd gleiche Wärmegrade zu haben.

Niemand übersieht wie wichtig es war, die Wirkung von Licht und Dunkel bei möglichst gleichen Wärmegraden zu untersuchen. Letellier, Lehmann, Vierordt und ausser vielen Anderen neuerdings Colasanti [1]) haben für die warmblütigen Thiere, mit Einschluss des Menschen, den Nachweis geliefert, dass bei sinkender Wärme die Menge der ausgehauchten Kohlensäure zunimmt, während im Gegentheil für die Amphibien Moleschott ermittelte und Hugo Schulz unter Pflüger's Leitung bestätigte, dass sie bei sinkender Wärme weniger Kohlensäure ausscheiden [2]).

Um die Gelegenheit nicht zu versäumen, den Einfluss zu bestimmen, den die verschiedene Lichtstärke im chemischen Sinn auf die Kohlensäure-Ausscheidung ausübt, haben wir sie bei allen Versuchen nach dem früher beschriebenen Verfahren gemessen [3]). Die chemische Lichtprobe, deren Ergebniss wir schlechtweg Lichtgrad nennen, ward um die Mitte der jeweiligen Versuchsdauer angestellt.

Wenn es uns möglich war, an demselben Thiere eine grössere Reihe vergleichender Versuche unter ähnlichen Umständen auszuführen, haben wir in der Regel in der Reihenfolge der Versuche abgewechselt, indem wir das eine Mal mit dem Versuch im Dunkeln, das andere Mal mit dem im Licht begannen. Falls im Dunkeln begonnen ward, so ist dies in den Tabellen mit einem d nach dem Datum bezeichnet, während ein l an gleicher Stelle bedeutet, dass der erste Versuch im Licht stattfand. In der Mehrzahl der Fälle stützen sich die einzelnen Vergleichsangaben auf drei Versuche, insofern entweder der Lichtver-

---

[1]) Giuseppe Colasanti, Ueber den Einfluss der umgebenden Temperatur auf den Stoffwechsel der Warmblüter, Pflüger's Archiv 1877, Bd. XIV S. 92 und ff.

[2]) Moleschott, in diesen Untersuchungen, Bd. II, S. 315 und ff. und Hugo Schulz, Pflüger's Archiv, Bd. XIV, S. 90.

[3]) Siehe S. 281, Note.

such zwischen zwei Versuche im Dunkeln, oder umgekehrt der Versuch im Dunkeln zwischen zwei Vergleichsversuche im Licht eingeschaltet ward. Aus den beiden im Licht oder aus den beiden im Dunkeln gefundenen Werthen ward das Mittel berechnet und dieses mit dem Ergebniss des im Dunkeln oder im Licht angestellten Versuchs verglichen.

2. Versuche an Fröschen.

Unsere Versuche an augenlosen Fröschen sind an Weibchen von Rana esculenta bei hohen Wärmegraden angestellt. Entsprechend diesen letzteren haben wir grosse Kohlensäurewerthe erhalten.

Alle unmittelbar gefundenen und die auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführten Zahlen, oder wenigstens die letzteren, sind am Schlusse dieser Abhandlung tabellarisch mitgetheilt; wir beschränken uns also darauf hier in zusammenhängender Darstellung die Mittelwerthe für die einzelnen Thiere aufzuführen, auf die von uns gewählte Gewichts- und Zeiteinheit berechnet, um daran die Verhältnisszahlen zwischen den im Dunkeln und Hellen gefundenen Werthen zu knüpfen.

Frosch A, bei einem Durchschnittsgewicht von 48 Gramm, gab nach fünf Versuchen, die in den Monaten Juni und Juli des Jahres 1876 am unversehrten Thiere angestellt wurden, folgende Mittelwerthe [1]):

im Dunkeln.			im Licht.	
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
22,6°	0,856	III	22,8°	1,056.

Am 5. Juli, um Mittag, wurden die beiden Augen ausgeschnitten. Den 7. desselben Monats war das Gewicht des Thieres auf 54,1 Gramm gestiegen, ohne Zweifel in Folge jener reichlichen Wasseraufnahme, die bei den Fröschen ein Zeichen des Uebelbefindens ist. Denn die Nahrung war immer dieselbe, d. h. es wurde dem Frosche täglich ein Gastrocnemius eines anderen Frosches beigebracht. Seit nämlich

[1]) Siehe die Tabellen Ia, Ib.

Bellucci beobachtet, dass Tritonen nicht bloss Larven von Fröschen, Kröten und Tritonen verzehren, sondern auch ihren Gefährten den Schwanz abreissen, um sich damit zu nähren, und dass auch Kaulquappen, so sehr sie gewöhnlich Pflanzenfresser sind, über todte Kaulquappen herfallen und sie verschlingen [1]), haben wir die erwähnte Fütterungsweise in grossem Maassstab und mit gutem Erfolg angewandt.

Achtundvierzig Stunden nach Entfernung der Augen, die mit einem Häkchen vorgezogen und dann mit der Scheere vollständig ausgeschnitten wurden, ergab ein Versuch folgende Zahlen:

im Dunkeln.		im Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
25,2°	0,717	IV	24,8°	0,985.

Vergleichen wir die Verhältnisszahlen für die Kohlensäurewerthe, dann erhalten wir:

	im Dunkeln.		im Licht.
für den unversehrten Frosch (Mittel aus 5 Versuchen)	100	:	123
für den augenlosen Frosch (nach Einem Versuch)	100	:	137.

Es ergab sich also ein sehr mächtiger Einfluss des Lichtes, indem es bei einem seit zwei Tagen der Augen beraubten Frosche eine bedeutende Vermehrung der Kohlensäureausscheidung bewirkte.

Wenn wir mit dem einzigen Versuch, der wegen des nachher erfolgten Todes mit dem augenlosen Frosche angestellt worden, den 4. Versuch beim unversehrten Frosche vergleichen, dann finden wir das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen:

im Dunkeln.		im Licht.
100	:	138,

d. h. das nämliche wie für den blinden Frosch. Es wäre also voreilig, wenn wir aus Einem Versuch entnehmen wollten, die die Kohlen-

[1]) Giuseppe Bellucci, Intorno all' alimentazione ed al sonno dei Tritoni, Atti delle R. Accademia delle Scienze di Torino, Vol. IV (1869), p. 202—208, namentlich p. 207.

säure vermehrende Wirkung wäre beim blinden Frosche grösser gewesen als beim unversehrten. Nur so viel steht fest, dass auch nach Ausrottung der Augen das Licht die Ausscheidung der Kohlensäure gesteigert hat.

Am Frosche E (Tabelle II b) wurden die Versuche nicht nur im unversehrten und nachher im augenlosen Zustand, sondern ausserdem nach Wegnahme der Grosshirnlappen sammt den Zweihügeln angestellt. Und nicht nur der blinde, sondern auch der zugleich blinde und enthirnte Frosch lieferte im Licht mehr Kohlensäure als im Dunkeln. Die Ausrottung der Augen geschah am 23. Juli 1876, und am 27., d. h. fünf Tage später, erreichte der Einfluss des Lichts den höchsten Grad. Hier folgt die Zusammenstellung der Mittelwerthe:

	Dunkel.		Licht.		
	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
unversehrter Frosch (Mittel aus 2 Versuchsreihen) . .	24,4°	1,228	III	24,5°	1,440
blinder Frosch (Mittel aus 3 Versuchsreihen)	24,2	1,147	III	24,3	1,221
blinder u. enthirnter Frosch (Mittel aus 2 Versuchsreihen) .	25,0	0,838	III	25,4	0,902.

Aus diesen Zahlen ergeben sich für die Kohlensäure folgende Verhältnisse:

	Dunkel.		Licht.
Frosch E			
unversehrt	100	:	117
blind	100	:	106
blind und enthirnt .	100	:	108.

Wir müssen hervorheben, dass der Frosch E in den Tagen, welche auf die Entfernung der Augen folgten, keine Gewichtszunahme erlitt. Das unversehrte Thier wog durchschnittlich 55, das blinde 53 Gramm. Nach Ausschneidung des Gehirns nahm dahingegen das

Gewicht erheblich zu, denn am zweiten Tage nach diesem Eingriff wog der Frosch 77, und am dritten Tage nach der Enthirnung, dem elften nach Ausrottung der Augen, 70 Gramm.

Für den Frosch H (Tabelle III b) besitzen wir keine Versuche im unversehrten Zustande, dagegen vom blinden Thiere vier Versuchsreihen, von welchen die letztere fünf Tage nach Wegnahme der Augen gewonnen ward. Die Mittelwerthe sind:

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
25,3°	1,464	III	25,7°	1,721,

und das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen:

im Dunkeln.		im Licht.
100	:	117.

Bei diesem Thiere waren die hohen Kohlensäurewerthe nicht bloss durch die hohen Wärmegrade, sondern auch durch das verhältnissmässig jugendliche Alter bedingt. Vor der Ausrottung der Augen betrug das Durchschnittsgewicht des Frosches 34,6, nach derselben 32,8. Pott beobachtete, dass junge Fröschlein (R. temporaria) für gleiches Gewicht in gleicher Zeit und bei annähernd gleicher Wärme 3,6 mal so viel Kohlensäure ausscheiden, wie ein alter Frosch [1]). Ebenso war das Verhältniss zwischen der von einer alten Kröte (Bufo variabilis) gelieferten und der von jungen Kröten derselben Art ausgeschiedenen Kohlensäure 1 : 3,5 [2]) und bei Bufo cinereus sogar 1 : 4 [3]). Aus den Versuchen Pott's ergiebt sich mithin, dass sehr junge Amphibien das Vierfache der Kohlensäure liefern können, die von alten Individuen derselben Art ausgeschieden wird, und wir sagen ausdrücklich: sehr junge Thiere, denn das Gewicht der Amphibien, die Pott als junge bezeichnet, war ausserordentlich klein. Die junge Kröte (Bufo variabilis) z. B. wog nur 3,41 Gramm.

Der höchste Werth, dem wir in diesen Untersuchungen für die

---

[1]) Pott, a. a. O., S. 26 und 27. Pott's Frösche wogen auffallend wenig; die alte R. temporaria wog 18,87, vier Junge 5,04 Gramm.

[2]) Pott, a. a. O., S. 27, 28.

[3]) Pott, a. a. O., S. 29.

von 100 Gramm R. esculenta in 24 Stunden ausgeschiedene Kohlensäure begegneten, war 1,981 (im Licht, bei 26,3°); Hugo Schulz erhielt als höchste Zahl 1,607 (bei 34,2° der Aussenluft und 33,5° im Inneren des Frosches[1]); Pott bei sehr jungen Fröschlein (R. temporaria) sogar 3,060.

Wenn man die mittlere Kohlensäuremenge, die der erwachsene Mensch für gleiche Zeit- und Gewichtseinheit liefert, berechnet, dann findet man 1,513 Gramm.

Es unterliegt also keinem Zweifel, dass der höchste Kohlensäurewerth, den Frösche zu erzeugen vermögen, den Mittelwerth beim Menschen übertreffen kann. Bekanntlich ist auch dieser letztere grosser Steigerung fähig. Die Bedingungen, welche die Kohlensäureausscheidung beim Frosch vermehren, sind, von der Bewegung abgesehen: jugendliches Alter, höhere Wärme, Licht und Nahrung. Es möge hier noch einmal daran erinnert werden, dass unsre Frösche, die zu diesen Versuchen dienten, mit Froschfleisch gefüttert wurden. Hierdurch wird zum Theil die Thatsache erklärt, dass wir in den vorliegenden Untersuchungen höhere Zahlen für die Kohlensäure erhielten, als in früheren Versuchen, die Moleschott oder Fubini für sich an Fröschen anstellten, die nicht gefüttert wurden und keine Fliegen fangen konnten.

Natürlich können jene hohen Kohlensäurewerthe, die von Fröschen und Kröten geliefert wurden, nicht als Maass der Athmung bei Amphibien unter gewöhnlichen Verhältnissen betrachtet werden, noch ist dies jemals geschehen[2]).

---

[1]) Vgl. Hugo Schulz, a. a. O., S. 90, wo die Kohlensäurewerthe sich auf 1 Stunde und 1 Kilogramm Frosch beziehen, so dass die Zahlen um mit den unsrigen, auf 24 Stunden und 100 Gramm bezogenen, vergleichbar zu werden, mit 2,4 vervielfacht werden müssen.

[2]) Wir wissen in der That nicht, wo Selmi und Piacentini (a. a. O., p. 53) gelesen haben können, dass Moleschott behaupte, Frosch und Mensch erzeugten für gleiche Zeit- und Gewichts-Einheit gleich viel Kohlensäure. In dieser Zeitschrift (Bd. I, S. 12, 1857) vergleicht Moleschott die mittlere Kohlensäureausscheidung des Menschen mit der von R. esculenta und findet diese gleich 0,37 von jener. Wir bedauern, dass die erwähnten Schriftsteller niemals einen genauen litterarischen

Wir haben die ausgeschiedene Kohlensäure bei einem vierten Frosche bestimmt (Frosch L, Tabellen IV a, IV b), dem seit 16, beziehungsweise 18 Tagen die Augen, seit 2, beziehungsweise 4 Tagen die Grosshirnlappen und Zweihügel fehlten. Bei diesem Thiere wurden beide Male die Versuchsreihen im Dunkeln begonnen, darauf der Versuch im Licht und wieder einer im Dunkeln angestellt. Die Mittelwerthe sind:

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
21,0°	0,184	VI	21,9°	0,247,

und das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen:

im Dunkeln.		im Licht.
100	:	134.

Fassen wir das Ergebniss dieser Versuche kurz zusammen, so finden wir zunächst die ursprüngliche Angabe Moleschott's, die schon von Chasanowitz und Fubini für den Frosch bekräftigt war, bestätigt, dass nämlich beim unversehrten Thier das Licht die Kohlensäure-Ausscheidung vermehrt; aber überdies stellt sich heraus, dass diese Wirkung fortdauert, auch wenn die Frösche gänzlich der Augen beraubt sind. Und da dies am Frosche L (Tabelle IV b, 4. September 1876) 18 Tage nach der Ausrottung der Augen beobachtet ward, so ist der Verdacht ausgeschlossen, als wenn es sich um eine Lichtreizung des vor Kurzem durchschnittenen Sehnerven gehandelt hätte.

Ausserdem stellt sich heraus, wie auch unabhängig vom Gehirn das Licht den Stoffwechsel anregen kann, da nicht bloss bei augenlosen, sondern auch bei augenlosen und zugleich enthirnten Fröschen die Ausscheidung der Kohlensäure zunimmt, ja sogar um $^1/_3$ (100 : 134) zunehmen kann. Wir haben also unsererseits, wie früher Chasano-

---

Beleg angeben für die Behauptungen, die sie Anderen zuschreiben. Moleschott haben sie mehr wie einmal Dinge in die Feder gelegt, die nirgends zu finden sind. Ist es höflich genau anzuführen, wo ein Schriftsteller etwas gesagt hat, was man anerkennt, so wird dies Pflicht, wenn man ihm etwas Ungereimtes in den Mund legt, um ihn zu tadeln.

witz, der Forderung Brown-Séquard's genügt, dass nämlich der Lichteinfluss auf den Stoffwechsel an Fröschen dargethan würde, die das Licht nicht zu Bewegungen veranlasst[1]).

Ein Jeder wird von vorneherein erwarten, dass der hier untersuchte Lichteinfluss auf sehende Frösche grösser ist, als auf solche, die der Augen beraubt sind. Und wenn wir uns an das Thier halten, welches uns sowohl im geblendeten, wie im unversehrten Zustande mehr als eine Versuchsreihe geliefert hat, dann finden wir jene Voraussetzung vollkommen bestätigt, denn das Verhältniss zwischen den ausgeschiedenen Kohlensäurewerthen war:

	im Dunkeln.		im Licht.
für den unversehrten Frosch	100	:	117
„ „ blinden Frosch	100	:	106
„ „ blinden und enthirnten Frosch . . .	100	:	108.

In den älteren Untersuchungen Moleschott's waren die Verhältnisszahlen folgende:

	im Dunkeln.		im Licht.
für unversehrte Frösche	100	:	125
„ blinde „	100	:	115.

Es war also im Licht das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen bei den durch Verdunklung der Hornhaut geblendeten und den sehenden Fröschen fast genau dasselbe wie bei dem Frosche ohne Augen und dem nämlichen Thier, als es die Augen noch besass. Im Lichte fand sich das Verhältniss zwischen:

Fröschen mit verdunkelter Hornhaut und sehenden Fröschen
115 : 125,
zwischen dem augenlosen Frosche und demselben Frosche, als er die Augen noch hatte
106 : 117,
und 106 : 117 = 115 : 127.

Wer die grossen Abweichungen beachtet, welche die Kohlensäurewerthe darbieten, kann sich nicht darüber wundern, wenn hier

[1]) Vgl. den historischen Ueberblick, S. 269.

und da ein augenloser Frosch mehr Kohlensäure ausscheidet, als ein unversehrter. Immerhin unterliegt es keinem Zweifel, dass die höchsten Steigerungen, welche das Licht in der Kohlensäureabgabe bei unversehrten Fröschen bedingt, grösser sind, als diejenigen, welche bei blinden Fröschen wahrgenommen wurden. So war das Verhältniss zwischen den Kohlensäuremengen, die Frosch A ausschied (Tabelle I b):

	im Dunkeln.		im Licht.
für das unversehrte Thier (Versuch des 28. Juni)	100	:	160
für dasselbe Thier ohne Augen (Versuch des 7. Juli)	100	:	137.

Allerdings hat Frosch L, nachdem er der Augen und des Hirns beraubt war, 16 Tage nach der Blendung das Verhältniss

130 : 211 = 100 : 162

geliefert, allein für dieses Thier fehlt die Gelegenheit mit Erfahrungen im unversehrten Zustand zu vergleichen. Und wenn wir den Mittelwerth der Versuche an augenlosen Fröschen mit dem mittleren Verhältniss vergleichen, das sich für unversehrte Frösche aus den Versuchen von Moleschott, Chasanowitz und Fubini ergiebt, dann haben wir:

	Dunkel.		Licht.
für unversehrte Frösche	100	:	138
für augenlose Frösche	100	:	124.

Und um die letzte Zahl (124) zu erhalten, war es nöthig bei der Berechnung des Mittelwerthes den einzigen sehr hohen Werth, der in Tabelle I b für den augenlosen Frosch verzeichnet ist, zu berücksichtigen, und nicht minder die gleichfalls sehr hohen Werthe der Tabelle IV b, denen der Vergleich mit dem Thier im unversehrten Zustande abgeht. Schliessen wir aber diese Werthe als äusserste aus, dann wird das mittlere Verhältniss zwischen den ausgeschiedenen Kohlensäurewerthen

	im Dunkeln.		im Licht.
für die augenlosen Frösche	100	:	111.

Für die Frösche ist also die Forderung Pflüger's erfüllt, dass,

wenn das Licht die Kohlensäureausscheidung durch Haut und Augen steigert, die Steigerung nach Wegfall der Augen geringer sein müsse als beim unversehrten Thier. Und besser als durch die Durchschnittszahlen, die an verschiedenen Thieren gewonnen wurden, wird der gradweise Unterschied durch die Untersuchung eines und desselben Thiers im sehenden und im augenlosen Zustand dargethan (Tabelle II b, Frosch E).

Es verdient Beachtung, dass der letztgenannte Frosch auch im Dunkeln, nach Verlust der Augen, weniger Kohlensäure aushauchte als im unversehrten Zustande, und noch weniger, als ihm ausser den Augen auch die Hirnlappen und Zweihügel weggenommen waren. Wenn wir die niedrigste Zahl für die Kohlensäure, d. h. diejenige, welche der blinde und enthirnte Frosch im Dunkeln geliefert hat, gleich 100 setzen, dann wird der Verhältnisswerth im Dunkeln für

den nur blinden Frosch 137
und für den unversehrten . . . . . 147.

Die Verhältnisswerthe im Lichte werden:

für den blinden und enthirnten Frosch . . . 108
für den nur blinden 146
für den unversehrten 172;

und setzen wir die Kohlensäure, die der zugleich enthirnte und blinde Frosch im Lichte ausschied, = 100, dann wird die Verhältnisszahl

für den nur blinden 135
und für den unversehrten . . . . . 159.

Da der Verlust der Augen bei diesem Frosche nicht jene Wasseraufnahme zur Folge gehabt hatte, die man ohne Weiteres an einer raschen und auffallenden Gewichtszunahme dieser Thiere erkennt, konnte man diesen Grund nicht geltend machen, um die geringere Kohlensäuremenge zu erklären, die das Thier sowohl im Dunkeln, wie im Lichte erzeugte.

Nach der Ausrottung des Gehirns jedoch wog der Frosch bald $^1/_3$ mehr als im unversehrten Zustande. In der Voraussetzung, dass die ganze Gewichtszunahme auf Rechnung aufgenommenen Wassers zu schreiben ist, und dass dieses Wasser von den am Stoffwechsel

betheiligten Geweben in Abzug gebracht werden muss, um die Kohlensäure auf die Gewichtseinheit des Thiers zu beziehen, werden die Kohlensäurewerthe für 100 Theile thätigen Gewebes:

Dunkel.		Licht.		Dunkel.		Licht.
0,628	:	0,676	=	100	:	108.

Während das Verhältniss der Kohlensäurewerthe im Dunkeln und im Hellen natürlich keine Aenderung erleidet, sinkt die Gesammtkohlensäure unter beiden Umständen erheblich. Stellt man die betreffenden Werthe neben diejenigen, die für den Frosch L (Tabelle IV b), der des Hirns und der Augen beraubt war, gefunden wurden,

im Dunkeln.	im Licht.
0,184	0,247,

dann muss man schliessen, dass, wenn schon der Verlust der Augen sowohl im Dunkeln wie im Hellen eine Abnahme der Kohlensäurebildung nach sich zieht, diese Abnahme noch bedeutend wächst, wenn ausser den Augen auch das Hirn den Thieren genommen ward.

Daraus schon müssen wir schliessen, dass auch im Zustande verhältnissmässiger Ruhe die Augen und das Hirn zur Kohlensäurebildung beisteuern. Und die Schlussfolgerung findet ihre Bestätigung für die grossen Centralheerde des Nervensystems in den Versuchen Fubini's [1]), die im dritten Theile dieser Abhandlung genauer zur Sprache kommen müssen und erwiesen haben, dass sogar die aus dem Körper herausgenommenen Nervencentra, Hirn und Rückenmark, eine Zeit lang fortathmen und dass sie im Licht mehr Kohlensäure liefern als im Dunkeln.

Auch der Frosch A hat sowohl im Dunkeln, wie im Licht, nach dem Verlust der Augen weniger Kohlensäure ausgehaucht als vorher. Wenn wir die Zahlen zusammenstellen und den Werth der niedrigsten (0,717), d. h. die Kohlensäuremenge, die der blinde Frosch im Dunkeln ausschied, = 100 setzen, dann finden wir folgende Verhältnisszahlen:

[1]) S. Fubini, Influenza della luce sulla respirazione del tessuto nervoso, Archivio di Bizzozero, Vol. III (1879). Nr. 19, p. 23.

	im Dunkeln.	im Licht.
nach Ausrottung der Augen . . .	100	137
vor „ „ „ . . .	119	147.

Untersuchen wir nun, ob die von uns am Wasserfrosch gesammelten Beobachtungen dem Satze, den Moleschott aus seinen älteren Untersuchungen abgeleitet, das Wort reden, ob nämlich das Licht die Ausscheidung der Kohlensäure mehr steigert, wenn seine chemischen Strahlen wirksamer sind, wie dies nach dem Grade der Färbung des mit einer ammoniakalischen Chlorsilberlösung getränkten Papiers bemessen wird [1]).

Da es hier darauf ankommt, die bei gleicher oder annähernd gleicher Wärme gewonnenen Erfahrungen mit einander zu vergleichen, so werden wir die an jedem Frosche unter gleichen Bedingungen, im unversehrten, augenlosen oder zugleich augen- und hirnlosen Zustand erhaltenen Werthe, wenn es deren Zahl zulässt, je nach der Lichtstärke, bei der die Versuche gemacht wurden, in zwei Hälften theilen, den betreffenden Angaben immer den Wärmegrad beifügend.

Frosch A. Unversehrt.

Schwächere Lichtgrade.			Stärkere Lichtgrade.		
Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
III	21,2°	0,925	IV	21,5°	1,323
III	22,8°	1,055	IV	24,9°	0,900
III	23,8°	1,077			
Mittel: III	22,6°	1,019	IV	23,2°	1,111.

Während die Wärmegrade im Mittel nur um 0,6° von einander abweichen, verhalten sich die Kohlensäurewerthe bei den Lichtgraden III und IV wie 100 : 109.

Frosch B.

a. Unversehrt.

Schwächere Lichtgrade.			Stärkere Lichtgrade.		
Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
III	25,0°	1,372	IV	24,0°	1,508.

[1]) Siehe oben S. 281.

b. Blind.

Schwächere Lichtgrade.			Stärkere Lichtgrade.		
Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
III	24,9°	1,269	IV	24,4°	1,360
III	23,6°	1,035			
Mittel: III	24,2°	1,152.			

c. Blind und enthirnt.

I	25,2°	0,713	V	25,6°	1,091.

Die Wärmeunterschiede sind sehr unbedeutend bei dem augenlosen (0,2°) und bei dem zugleich der Augen und des Hirns beraubten (0,4°) Frosche; bei dem unversehrten Frosche betrug der Unterschied einen ganzen Grad, allein die Wärme war höher, während der Versuch im Dunkeln angestellt wurde, so dass hier die Wärme dem Einflusse des Lichts entgegenwirkte. Die Verhältnisswerthe für die bei verschiedenen Lichtgraden ausgeschiedene Kohlensäure sind nun folgende:

	Schwächere Lichtgrade.		Stärkere Lichtgrade.
unversehrter Frosch (III u. IV)	100	:	110
blinder „ (III u. IV)	100	:	118
blind und enthirnt (I u. V)	100	:	153.

Frosch H. Blind.

Schwächere Lichtgrade.			Stärkere Lichtgrade.		
Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
II	25,3°	1,834	IV	25,7°	1,875
III	25,4°	1,196			
III	26,3°	1,981			
Mittel: II,7	25,3°	1,670.			

Der durchschnittliche Wärmeunterschied beträgt nicht über 0,4°, und das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen ist:

	Schwächere Lichtgrade.		Stärkere Lichtgrade.
(II,7 und IV)	100	:	112.

Frosch L. Ohne Hirn und Augen.

Schwächerer Lichtgrad.			Stärkerer Lichtgrad.		
Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
III	22,0°	0,211	X	21,9°	0,283.

Bei fast genau gleicher Wärme verhalten sich die Kohlensäurewerthe bei den Lichtgraden III und X wie 100 : 134.

Und wenn wir die gefundenen Verhältnisse einander nahe rücken:

		Lichtgrade.	Kohlensäure.
unversehrter Frosch	A . .	III u. IV	100 : 109
„ „	B . .	III u. IV	100 : 110
blinder „	B . .	III u. IV	100 : 118
„ „	H . .	II,7 u. IV	100 : 112
„ u. enthirnter „	B . .	I u. V	100 : 153
„ „ „ „	L . .	III u. X	100 : 134.

Allerdings liesse sich wünschen, dass diese Zahlenbelege noch vervielfacht wären, wenn hier die ersten Versuchsreihen vorlägen, welche darthun, dass das Licht die Kohlensäureausscheidung der Thiere um so bedeutender vermehrt, je grösser die Stärke seiner chemischen Strahlen ist. Da aber zwischen diesen Beobachtungen und den früher von Moleschott angestellten [1]) die vollkommenste Uebereinstimmung herrscht, so wird man ihre Beweiskraft willig anerkennen.

Um aber die alten und die neuen Versuche mit einander vergleichbar zu machen, wollen wir sie hier nahe beisammen stellen, nachdem wir die Lichtgrade auf entsprechende Verhältnisse zurückgeführt, indem wir den jeweilig niedersten Lichtgrad einer jeden Versuchsreihe = 100 setzen. Auf diese Weise erhalten wir:

für unversehrte Frösche

nach Moleschott's älteren Versuchen:

	Lichtgrade.	Kohlensäurewerthe.
a)	100 : 226;	100 : 118
b)	100 : 205 : 335;	100 : 132 : 152;

nach den Versuchen von Fubini und Moleschott:

c)	100 : 133;	100 : 109
d)	100 : 133;	100 : 110;

für blinde Frösche

nach Moleschott's älteren Versuchen:

e)	100 : 145;	100 : 123;

[1]) Vgl. diese Abhandlung oben S. 280.

nach den Versuchen von Fubini und Moleschott:

	Lichtgrade.	Kohlensäurewerthe.
f)	100 : 133;	100 : 118
g)	100 : 148;	100 : 112;

für Frösche ohne Hirn und ohne Augen
nach den Versuchen von Fubini und Moleschott:

h)	100 : 333;	100 : 134
i)	100 : 500;	100 : 152.

In einzelnen dieser Versuchsreihen findet man ein verhältnissmässiges Ansteigen der Kohlensäurewerthe nach Maassgabe der Lichtgrade, wenn man einen Augenblick — sehr willkürlich — voraussetzen will, dass der Lichtgrad II doppelt so viel bedeutet wie der Lichtgrad I, und ebenso der Lichtgrad IX dreimal so viel wie Lichtgrad III, mit anderen Worten, dass es dem Maler Schall durch einen der sonderbarsten Zufälle gelungen wäre, die Grade seiner Farbenleiter mit Zahlen zu beziffern, die der chemischen Lichtstärke in genauem Verhältniss folgten, und wenn man ferner die Verhältnissmässigkeit der Kohlensäurewerthe nur für den Theil beanspruchte, welcher 100 überschreitet; 100 wäre so zu sagen der beständige Kohlensäurewerth, der bei jedem Lichtgrad vorhanden ist, zu dem sich noch ein schwankender, den Lichtgraden verhältnissmässiger Bruchtheil hinzufügte.

So hätten wir in der Versuchsreihe b:

$$205 : 335 = 32 : 52;$$

dagegen müsste man in den Versuchsreihen c und d finden:

$$205 : 133 = 32 : 21,$$

während erhalten wurde:

in c 100 + 9 (statt 100 + 21),
in d 100 + 10 („ „ „ „).

Für die Versuchsreihen h und i wäre die Verhältnissmässigkeit in dem angedeuteten Sinne recht befriedigend, denn

$$333 : 500 = 34 : 51,$$

während 34 und 52 die zu dem beständigen Werth von 100 hinzuzuzählenden Bruchtheile sind.

Wir müssen jedoch hier wiederholen, was wir früher aussprachen[1]), dass ein genaues Ebenmaass zwischen den Lichtgraden und den Kohlensäurewerthen uns eher Verdacht als Vertrauen eingeflösst haben würde. Es ist vor Allem zu bedenken, dass die einzelnen Grade der Schall'schen Farbenleiter nicht etwa sämmtliche eben von einander unterscheidbare Stufen vorstellen, da Schall seinen ersten Lichtgrad und ebenso den zweiten noch in je vier Unterabtheilungen zerlegt hat, so dass hier nicht etwa an das Fechner-Weber'sche psycho-physische Grundgesetz zu denken ist. Wenn wir uns dessenungeachtet, fast wider Willen, dem obigen Rechenspiel überlassen haben, so geschah es, um zu sehen, ob etwa der Einfluss der chemischen Lichtstrahlen bei unversehrten und bei blinden Fröschen, oder auch bei den zugleich des Hirns und der Augen beraubten einen regelmässigen Unterschied zeigt. Eine solche Regel hat sich jedoch nach den vorliegenden Untersuchungen nicht herausgestellt. Denn wenn der hier gemessene Einfluss bei den unversehrten Fröschen der Reihe b und den blinden der Reihe e gleich gross war, so übertraf er dagegen bei diesen letzteren den bei den sehenden der Reihe a beobachteten. In den Reihen h und i sodann, die sich auf blinde und enthirnte Frösche beziehen, ist die Wirkung verschiedener Lichtgrade weniger ausgesprochen als bei den unversehrten Fröschen der Reihe a; in den Reihen c, d von unversehrten Fröschen war endlich die Wirkung wiederum schwächer als bei den blinden der Reihe f. Es schwankt also der Einfluss bei blinden und sehenden Fröschen seinem Grade nach unregelmässig auf und ab; dem Sinne nach ist freilich nicht daran zu zweifeln, dass durch ihre chemische Wirkung stärkere Lichtgrade hier wie dort grössere Kohlensäurewerthe bedingen.

Wir kehren also diese Experimentalkritik in erster Linie gegen unsre eigene oben ausgesprochene Vermuthung[2]), dass etwa die stärker brechbaren Lichtstrahlen durch die Haut den Stoffwechsel mächtiger anregen möchten als durch die Augen.

---

[1]) S. 281, 282 dieser Abhandlung.

[2]) S. 282.

3. Versuche an Vögeln.

Als Vertreter der Vögel haben wir den Sperling, Fringilla domestica, gewählt.

An beiden Vögelchen, die zu unsren Untersuchungen dienten, haben wir zuerst einige Versuche im unversehrten Zustande angestellt, um den Einfluss des Lichts auf die sehenden Thiere mit dem auf die blinden vergleichen zu können. Sie nährten sich von Brod, das in Wasser eingeweicht war, und italienischer Hirse, Panicum italicum L., von denen sie nach ihrem Belieben fressen konnten.

Um unruhiges Flattern zu verhindern, hatten wir beim Sperling B die Flügel gestutzt. Beim Sperling A war das nicht geschehen, aber beide Vögel verhielten sich während der Versuche ruhig.

Die Blendung erzielten wir, indem wir die Augen mit einem glühenden Eisendrath zerstörten und nachher Stückchen Aetzkali in die Augenhöhlen brachten.

Auch nach der Blendung wussten die Sperlinge das Futter gut zu finden. Es stand im Käfig natürlich immer am selben Platz.

Sperling A ward am 6. Februar 1878 geblendet und starb am 10. desselben Monats, überlebte also nur 4 Tage den Eingriff.

Der andere Sperling, B, widerstand besser; er wurde am 16. Februar 1878 auf die angegebene Weise geblendet und lebte bis zur Nacht zwischen dem 6. und 7. März, also etwas über 16 Tage nach Zerstörung der Augen. Die am 8. März vorgenommene Leichenschau ergab in beiden Augenhöhlen eine reichliche Eiterung, die indess nicht bis zum Augengrund vordrang; eine leichte Blutüberfüllung des Gehirns, die am verlängerten Mark bedeutend war; ausgesprochene Blutanhäufung in beiden Lungen; Erweichung des letzten Theils des Blinddarms.

Auch mit diesen Sperlingen ward bald ein Versuch im Licht zwischen zwei Versuchen im Dunkeln, bald dagegen einer im Dunkeln zwischen zweien im Lichte ausgeführt.

Diese Versuche haben bei den blinden Vögeln, je nach ihrer Reihenfolge, nicht dasselbe Ergebniss geliefert. Wir haben daher die

erhaltenen Werthe in verschiedenen Tabellen zusammengestellt. Die Tabellen Va, Vb, VIa, VIb enthalten die Versuchsreihen, die im Dunkeln begannen, die Tabellen Vc, Vd, VIc, VId diejenigen, deren erster Versuch im Lichte ausgeführt ward. Es versteht sich, dass in den Tabellen Vb, VIb, in welchen die Werthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt sind, die Werthe für die Versuche im Dunkeln Mittelwerthe aus je zwei Beobachtungen sind, und ebenso die Zahlen für das Licht in den Tabellen Vd, VId.

Sperling A wog vor Ausrottung der Augen 26,2 Gramm, zwei Tage nach derselben 25. Die mittlere Wärme im Thierbehälter schwankte zwischen 14 und 15,7°.

Die Kohlensäurewerthe standen in folgendem Verhältniss:

	im Dunkeln.		im Licht.
für Sperling A unversehrt	100	:	138
„ „ „ 2 Tage nach der Blendung .	100	:	126 [1]).

Sperling B zeigte vor und nach Entfernung der Augen grössere Gewichtsunterschiede als Sperling A. Am 15. Februar unversehrt wog er 25 Gramm; er ward am 16. geblendet, und zwischen dem 25. und 28. Februar, also 9 bis 12 Tage nach dem Eingriff, stieg das Gewicht von 21,2 auf 21,5 Gramm, so dass es zur Vermehrung neigte [2]).

Vor der Blendung ward Eine Versuchsreihe ausgeführt, nach der Blendung haben wir uns deren drei verschafft.

Die Wärmegrade waren während der Versuche so übereinstimmend, wie man es nur verlangen kann: für den blinden Sperling durchschnittlich im Dunkeln 17,4°, im Hellen 17,2°. Bei den Versuchen mit dem unversehrten Sperling war die mittlere Wärme im Dunkeln (15,7°) um 1,5° niedriger als die im Lichte (17,2°), die Wärme musste also in diesem Falle, da es sich um ein warmblütiges Thier handelte, dem Licht entgegenwirken. Nichtsdestoweniger ergaben sich folgende Verhältnisse für die Kohlensäurewerthe:

---

[1]) Man sehe die Tabellen Va, Vb.

[2]) Tabelle VIa.

	im Dunkeln.		im Licht.
für Sperling B unversehrt	100	:	131
„ „ „ blind . .	100	:	128.

Und wenn man das Mittel der Zahlen für die beiden Sperlinge nimmt, erhält man:

	im Dunkeln.		im Licht.
für die unversehrten Sperlinge . .	100	:	134
„ „ blinden „ . . .	100	:	127.

Folglich haben die Sperlinge auch nach der Zerstörung ihrer Augen im Licht mehr Kohlensäure ausgehaucht als im Dunkeln, und es mag betont werden, dass Sperling B seit neun und mehr Tagen blind war. Der Lichteinfluss ist bei den blinden Sperlingen sogar auffallend gross. Setzen wir nämlich die Kohlensäurewerthe, welche die beiden blinden Sperlinge im Licht ausschieden, = 100, dann wird der Kohlensäurewerth im Licht

für den sehenden Sperling A	109
„ „ „ „ B	102
und für die beiden sehenden Sperlinge im Mittel	105.

Beim Sperling B war nach der Blendung die Kohlensäurebildung, im Dunkeln wie im Licht, bedeutend herabgesetzt, wie dies auch bei den Fröschen nach Ausrottung der Augen beobachtet ward[1]). Beim Sperling A dagegen war nach Verlust der Augen die Ausscheidung der Kohlensäure vermehrt, im Licht und im Dunkel, aber im Dunkel mehr als im Licht.

Da beim Sperling A nur zwei Tage nach dem Eingriff verstrichen waren, als der Ertrag der Kohlensäure im Licht mit dem im Dunkeln verglichen ward, so könnte man glauben, dass es sich um eine durch das Fieber bedingte Steigerung der Kohlensäurebildung handelte, wie sie von Colasanti beim Meerschweinchen beobachtet wurde[2]). Wenn aber bei dem geblendeten Sperling A die Rückbildung überhaupt schon

---

[1]) Vgl. oben S. 301.

[2]) Giuseppe Colasanti, Ein Beitrag zur Fieberlehre, Pflüger's Archiv, Bd. XIV (1876), S. 126, 127.

zu dem Punkt gesteigert war, dass die Ausscheidung der Kohlensäure bedeutend zunahm, so wird es nur um so bedeutungsvoller, dass das Licht dennoch im Stande war, den Kohlensäurewerth in dem Verhältniss von 100 : 126 zu vermehren.

Um so weniger waren wir darauf vorbereitet, für die geblendeten Sperlinge das entgegengesetzte Verhältniss zu finden, als die Reihenfolge der Versuche von Dunkel, Licht, Dunkel in Licht, Dunkel, Licht verwandelt ward. Die unversehrten Vögel hatten am Tage der Blendung, bevor diese ausgeführt ward, den früheren Beobachtungen entsprechende Zahlen geliefert, obgleich der mehrende Einfluss des Lichts beim Sperling B kleiner war als in der Versuchsreihe, in welcher der Versuch im Licht zwischen zwei Versuche im Dunkeln eingeschoben war. Für 100 Gramm in 24 Stunden lieferte:

	Dunkel.	Licht.	Verhältniss.
Sperling A	26,049	36,267;	100 : 139
„ B	32,822	36,163;	100 : 107
Mittel . .	29,435	36,215;	100 : 123.

Nach der Blendung dagegen ergaben die in der Reihenfolge Licht, Dunkel, Licht ausgeführten Versuche, im Gegensatze zu dem unter gleichen Umständen beim Frosch und bei der Wanderratte beobachteten, mehr Kohlensäure im Dunkeln als im Hellen[1]).

Wir schreiben die Verhältnisse, wie sie für die Sperlinge unter den bezeichneten Umständen gefunden worden, hierher:

	Dunkel.	Licht.
Sperling A (1 Versuchsreihe, 2 Tage nach der Blendung)	100	: 74
„ B (Mittel von 4 Versuchsreihen 4, 6, 11, 13 Tage nach der Blendung)	100	: 65.

Tabelle VI d zeigt, dass in allen vier Versuchsreihen beim Sperling B, sowie in der einen beim Sperling A (Tabelle V d), bei der Reihenfolge: Licht, Dunkel, Licht, die Ausscheidung der Kohlensäure im Dunkeln grösser, ja mehrmals viel grösser war als im Licht.

[1]) Siehe die Tabellen V d und VI d. Vgl. oben S. 291, 292 und die auf den Frosch bezüglichen Tabellen I—III, so wie für die Wanderratte S. 315, Tabelle VII b.

Die Thatsache hat uns überrascht und überrascht uns noch heute. Wir müssen bekennen, dass die im Februar 1878 angestellten Versuche für uns auch heute, wo wir dies schreiben (21. September 1879), noch keiner Erklärung zugänglich sind.

Wer etwa annehmen wollte, dass die Dunkelheit nach dem Licht wie ein Reiz wirkte, der eine vermehrte Ausscheidung von Kohlensäure hervorbringt, widerlegt sich gleich selber, indem er bemerkt, dass der dritte Versuch, bei der Reihenfolge: Dunkel, Licht, Dunkel[1]), jene Wirkung nicht hatte. Und wenn das Dunkel jenen Einfluss auf geblendete Thiere hätte, wäre es noch viel auffallender, dass der Sperling A, so lange er unversehrt war, nichts dergleichen wahrnehmen liess. Beim Sperling B gab freilich der zweite Versuch, der im Dunkeln angestellt wurde, mehr Kohlensäure als der erste Versuch im Licht, aber der dritte Versuch, der gleichfalls im Licht stattfand, viel mehr Kohlensäure als der zweite, während der Dunkelheit angestellt, und zwar in folgenden Verhältnissen:

	1. Versuch. Licht.	2. Versuch. Dunkel.	3. Versuch. Licht.
Sperling B unversehrt	100 :	105 :	131.

Es war somit, wie wir schon hervorgehoben haben, die mittlere Kohlensäureausscheidung im Licht viel stärker als im Dunkeln.

Eben so wenig lässt sich das auffallende Verhalten durch Wärmeunterschiede erklären, denn wir haben niemals in vergleichenden Versuchsreihen grössere Uebereinstimmung in den Wärmegraden gehabt, so zwar dass diese bei dem geblendeten Sperling B, in der Reihenfolge: Licht, Dunkel, Licht, in ihren Mittelwerthen geradezu übereinstimmen[2]).

Rücksichtlich der Frage, ob ausser dem Einfluss des Lichts im Allgemeinen, auch dessen chemische Stärke insbesondere sich geltend machte, liefert uns Sperling A keinen thatsächlichen Beitrag, theils weil die Zahl der Beobachtungen nicht gross genug, theils weil die Lichtgrade zu wenig verschieden sind.

[1]) Vgl. Tabellen Va, VI a.

[2]) Siehe die Tabellen VI c, VI d.

Beim Sperling B dahingegen, mit welchem nach der Blendung sieben Versuchsreihen angestellt wurden, ist es der Mühe werth, die Zahlen zusammenzustellen, wenngleich die Lichtgrade nur zwischen V und VI schwankten.

Schwächeres Licht.			Stärkeres Licht.		
Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
V	18,2°	17,735	VI	17,0°	14,527
V	14,9	18,753	VI	18,1	21.011
V,5	18,2	15,784	VI	17,5	20,688
			VI	16,0	23,777
Mittelw. V,2	17,1°	17,417	VI	17,1°	20,001.

Die Werthe 17,417 und 20,001 stehen zu einander wie 100 : 115, und diese Versuche, die bei nahe liegenden Wärmegraden angestellt worden, ergeben also, dass bei Licht von grösserer chemischer Wirksamkeit der grössere Werth für die ausgeschiedene Kohlensäure erhalten wurde. Unsere Beobachtungen am Sperling widersprechen also nicht den an Fröschen gemachten. Aber wir drücken uns gemessen aus, d. h. wir vermeiden es, die Versuche beim Sperling als geradezu bestätigend zu verwerthen, weil die bei schwächerem Licht gewonnenen Zahlen alle drei mit der Reihenfolge: Licht, Dunkel, Licht gewonnen wurden, während diese Reihenfolge nur für einen der vier bei stärkerem Licht angestellten Versuche eingehalten ward.

Um bezüglich des Sperlings abzuschliessen, müssen wir sagen, dass unsre beiden Thierchen den Kohlensäure mehrenden Einfluss des Lichts, sowohl blind als unversehrt, erprobt haben, als die Reihenfolge der Versuche: Dunkel, Licht, Dunkel war, bei der umgekehrten Reihenfolge dagegen nur bevor die Augen zerstört waren, während nach der Blendung die Kohlensäurebildung im Dunkeln viel beträchtlicher war als im Licht. Leider wissen wir nicht, warum dieser Unterschied stattfand.

Nach der Blendung war bei der erstgenannten Reihenfolge der den Stoffwechsel anregende Einfluss des Lichtes zwar kleiner als beim unversehrten Thier, aber der Unterschied war geringer als bei dem Frosche E, und jedenfalls viel geringer als man hätte von vornherein erwarten mögen.

Schliesslich sprechen die Versuche, die mit dem Sperling B angestellt worden, zu Gunsten einer grösseren Thätigkeit der chemischen Lichtstrahlen im Vermehren der Kohlensäure, obwohl für sich allein diese Versuche nicht genügen würden, um diesen Satz zur Regel zu erheben.

---

4. Versuche an Säugethieren.

Da wir die Absicht hatten, diese Untersuchungen auf kleine Säugethiere auszudehnen, haben wir uns zuerst mit der Hausmaus (Mus musculus) beschäftigt. Wir fanden aber dieses Thierchen von so geringem Bestande gegen blutige Eingriffe, dass es uns dreimal hinter einander misslang, es nach der Ausrottung der Augen am Leben zu erhalten.

Zahlreiche Versuche haben wir dagegen ausführen können mit einer weissen Wanderratte, einem Männchen von Mus decumanus, und bei einer Haselmaus, Myoxus muscardinus.

Beide Thiere wurden mit Brod, Käse und Wasser gefüttert. Sie nahmen davon nach Belieben zu sich, d. h. die Vorräthe wurden nach Beendigung einer jeden Versuchsreihe zu dem Thier unter die Glocke gebracht, und jeden Tag fanden wir Ueberreste, wenn wir uns zu neuen Versuchen anschickten. Während der Versuche selbst stand den Thieren kein Futter zu Gebot, aber sie konnten als wohlgenährt betrachtet werden, was unmittelbar daraus hervorgeht, dass sie während der Untersuchung ihr Gewicht behaupteten oder vermehrten.

Die mit einem weiten offenen Halse versehene Glocke, unter welcher die Thiere gehalten wurden, berührte nicht überall den Teller, der als Unterlage diente, sie ward vielmehr durch Stückchen Holz, die unter den Rand geschoben wurden, theilweise emporgehoben, um der Luft freie Bewegung zu gestatten. Diese Art die Thiere aufzuheben wurde von uns vorgezogen, weil sie es möglich machte, die grösste Reinlichkeit zu beobachten.

Unsere Wanderratte verzehrte in 24 Stunden bis zu 15 Gramm

an Brod und Käse. Vor der Blendung wog sie durchschnittlich 120 Gramm (20., 21. Sept. 1877).

Am 29. Sept. ward das Thier geblendet; beide Augen wurden mit dem Glüheisen zerstört, und überdies Stückchen Aetzkali in die Augenhöhlen eingelegt.

Ausserdem wurden am 21. Mai 1878 die Stumpfe der Augäpfel ausgeschnitten. Die mikroskopische Untersuchung liess in denselben keine Spur von Netzhautbestandtheilen mehr erkennen.

Da die Versuche der ersten Reihe zwischen dem 29. October und 2. November 1877 ausgeführt wurden, und die der zweiten Reihe zwischen dem 22. Mai und 21. Juni 1878, so ergiebt sich, dass die erste Reihe um einen ganzen Monat nach dem Eingriff gewonnen ward, und dass ein Monat nach Wegnahme der Augenstumpfe verstrichen war, als die zweite Versuchsreihe zu Ende ging.

Wie gut die Wanderratte die beiden Eingriffe überstand, erhellt daraus, dass sie einen Monat nach der Blendung durchschnittlich 139,7 Gramm wog, also um beinahe 20 Gramm oder $^1/_6$ ihres ursprünglichen Gewichtes zugenommen hatte. Im Monate nach Beseitigung der Augenstumpfe war das Durchschnittsgewicht 171,6, oder mehr als 50 Gramm, d. h. $^5/_{12}$ des Anfangsgewichts grösser als vor der Blendung.

Die unversehrte Wanderratte lieferte nachstehende Mittelwerthe für zwei Versuchsreihen, von welchen die erste nach der Reihenfolge: dunkel, hell, dunkel ausgeführt ward, während die zweite nur aus zwei Versuchen bestand, von denen der erste im Dunkel, der zweite im Lichte angestellt ward[1]):

Dunkel.			Licht.	
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
24,2°	4,651	VIII,5	26,3°	5,871.

In den Versuchen, die einen Monat und länger nach der Blendung, am 29. und 30. October, mit der Reihenfolge: dunkel, hell, dunkel, angestellt wurden, waren die Mittelwerthe:

[1]) Vgl. die Tabellen VII a, VII b.

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
18,2°	5,949	X,5	16,7°	7,004,

also das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen:

im Dunkeln im Lichte

100 : 118.

Die anderen beiden Reihen mit der umgekehrten Reihenfolge: Licht, Dunkel, Licht, führten zu folgenden Mittelwerthen:

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
18,0°	4,545	IX,2	18,6°	5,027,

und für die Kohlensäurewerthe zu dem Verhältniss:

Dunkel. Licht.

100 : 111.

Wir müssen es nachdrücklich hervorheben, dass hier jene durch die Reihenfolge der Versuche bedingte Umkehr in der Wirkung des Lichtes nicht stattfand, wie sie bei den Sperlingen beobachtet wurde [1]). In beiden Fällen, d. h. bei der einen wie bei der anderen Reihenfolge der Versuche, hat das Licht die Kohlensäurebildung vermehrt, wenn auch in höherem Grade als der erste Versuch im Dunkeln stattfand. Wenn wir die Verhältnisse einander nähern, ergiebt sich für die

	Dunkel.	Licht.
Reihenfolge: Dunkel, Licht, Dunkel .	100 :	118
„ Licht, Dunkel, Licht . .	100 :	111
Mittleres Verhältniss	100 :	115.

Die Wanderratte war also der dem Frosche abgelauschten Regel treu, dass das Licht auch beim geblendeten Thiere die Kohlensäurebildung mehrt, welches auch die Reihenfolge der Versuche sein mag. Dennoch wird man begreiflich finden, dass wir in unseren späteren Versuchen es oft vorzogen, den Lichtversuch zwischen zwei Versuche im Dunkeln einzuschalten.

---

[1]) Siehe S. 310, 311.

Und so haben wir an derselben Wanderratte mit dieser Reihenfolge neun weitere Versuchsreihen beschafft, nachdem der zweite Eingriff vorgenommen, der, wie gesagt, in der Entfernung der Augenstumpfe bestand. Um zu diesen zu gelangen, war es nöthig, die mit einander verwachsenen, wohlvernarbten und mit Haaren bewachsenen Augenlider durch einen Schnitt zu öffnen.

Diese neun Versuchsreihen, die zwischen dem 22. Mai und dem 21. Juni 1878 gewonnen sind, ergaben folgende Mittelwerthe:

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
23,8°	3,785	X	23,1°	4,156,

und das Verhältniss zwischen der

im Dunkeln und im Lichte ausgeschiedenen Kohlensäure = . . 100 : 110.

Nehmen wir jetzt das Mittel aus all' den 13 Versuchsreihen, die wir für die blinde Wanderratte besitzen, um sie mit den am unversehrten Thier erhaltenen Mittelwerthen zu vergleichen, so übersehen wir den Unterschied der Lichtwirkung bei diesem und jener. Die Kohlensäurewerthe verhalten sich:

	Dunkel.	Licht.
Für die unversehrte Wanderratte wie . .	100 :	126
„ „ blinde „ „	100 :	112.

Indem wir ferner auch hier fragen, inwiefern die verschiedene Lichtstärke der chemischen Strahlen ihren Einfluss geltend machte, lassen wir die Versuche an der unversehrten Wanderratte bei Seite, weil uns nur zwei Versuchsreihen zur Vergleichung zu Gebot stehen, obgleich auch für diese dem höheren Lichtgrad (XI) der höhere Kohlensäurewerth (6,071) entspricht, und bei dem niederen Lichtgrad (VIII) die geringere Zahl für die Kohlensäure (5,672) erhalten wurde.

Theilen wir aber die an der blinden Wanderratte erhaltenen Zahlen in zwei Gruppen, deren eine die Werthe enthält, die bei einem Lichtgrad unter X gefunden wurden, die andere die Beobachtungen von X an aufwärts, dann stellt sich die folgende Uebersicht heraus:

	Schwächere Lichtgrade.			Stärkere Lichtgrade.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	VIII	22,7°	4,454	X	16,5°	7,779
	VIII	22,5	3,162	XI	17,0	6,240
	VIII	23,5	4,174	XI	22,2	5,101
	IX	21,0	3,786	XI	25,0	3,594
	IX	22,1	4,733	XIII	25,0	4,193
	IX	19,1	4,832	XIV	24,0	4,212
	IX,5	18,2	5,223			
Mittelwerthe	VIII,6	21,3°	4,338	XI,7	21,6°	5,186.

Das Verhältniss zwischen 4,338:5,186 = 100:119, und diese Mittelwerthe sind sehr annehmbar, weil die Uebereinstimmung zwischen den mittleren Wärmegraden sehr befriedigend ist.

Nur die letzten Versuche scheinen von der Regel abzuweichen, indem sie für die höheren Lichtgrade XI, XIII, XIV niedere Kohlensäurewerthe ergaben, aber bei diesen hohen Lichtgraden herrschte eine viel höhere Wärme (durchschnittlich 24,7°) als bei den übrigen Versuchen (durchschnittlich 20,5°).

Aehnliche Wärmeunterschiede erlauben es nicht die obige Tabelle in kleinere Gruppen zu zerlegen, weil dann den höheren Lichtgraden niedere Wärmegrade entsprechen würden. Die einander entgegenwirkenden Ursachen von höherer Wärme und stärkerem Licht, die Steigerung des höheren Lichtgrads durch niedere Wärme gleichen sich eben aus, wenn man eine grössere Zahl von Beobachtungen zur Vergleichung herbeizieht.

Es hat sich nämlich an dieser blinden Wanderratte in glänzender Weise das Gesetz von Letellier, Lehmann, Vierordt, Colasanti u. A. bestätigt, dass bei den Säugethieren, wie bei den Vögeln, mit dem Steigen der Wärme die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure abnimmt. Wenn wir, ähnlich wie für die Lichtgrade, unsere Versuche in zwei Reihen theilen, die eine für die niederen Wärmegrade (16,5°—22,2°), die andere für die höheren Wärmegrade (22,5°—25°), dann erhalten wir nachstehende Tabelle:

Niedere Wärmegrade.		Höhere Wärmegrade.	
Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
16,5°	7,779	22,5°	3,162
17,0	6,240	22,7	4,454
18,2	5,223	23,5	4,174
19,1	4,832	24,0	4,212
21,0	3,786	25,0	4,193
22,1	4,733	25,0	3,594
22,2	5,101		
Mittelwerthe 19,4°	5,385	23,8°	3,965.

Man sieht hieraus, dass für einen mittleren Wärmeunterschied von 4°,4 die Zahlen für die ausgeschiedene Kohlensäure sich verhielten: bei höherer Wärme. bei niederer Wärme.

wie 3,965 : 5,385 = 100 : 136.

Und dieses Verhalten spricht sich nicht minder deutlich aus, wenn wir aus der Tabelle auf S. 317 die drei Versuche berücksichtigen, die, alle bei demselben Lichtgrad und sehr verschiedener Wärme angestellt, den Einfluss der Wärme um so reiner hervortreten lassen:

Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
XI	25,0°	3,594	100
XI	22,2°	5,101	142
XI	17,0°	6,240	174.

Dieser tiefgreifende Einfluss der Wärme veranlasst uns, die Versuche, aus denen man die Wirkung der chemischen Lichtstärke entnehmen kann, in zwei Vergleichsgruppen zu theilen, weil zwischen den Versuchen des October und November 1877 und denen von Mai und Juni 1878 ein erheblicher Wärmeunterschied stattfand.

A. Versuche bei niederer Wärme.

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Licht.	Wärme.	Kohlensäure.	Licht.	Wärme.	Kohlensäure.
	IX	19,1°	4,832	X	16,5°	7,779
	IX,5	18,2	5,223	XI	17,0	6,240
Mittelwerthe	IX,2	18,6°	5,027	X,5	16,7°	7,009.

Das Verhältniss 5,027 : 7,009 = 100 : 139.

B. Versuche bei höherer Wärme.

Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
Licht.	Wärme.	Kohlensäure.	Licht.	Wärme.	Kohlensäure.
VIII	22,7°	4,454	XI	22,2°	5,101
VIII	22,5	3,162	XI	25,0	3,594
VIII	23,5	4,174	XIII	25,0	4,193
IX	21,0	3,786	XIV	24,0	4,212
IX	22,1	4,733			
Mittelw. VIII,2	22,9°	4,077	XII,2	24°	4,275.

Verhältniss zwischen 4,077 und 4,275 = 100 : 105.

Ueberall wiederholt sich die Regel, dass die grössere chemische Lichtstärke die Ausscheidung der Kohlensäure vermehrt. Aus den beiden letzten Tabellen (S. 318, 319) müsste man schliessen, dass diese Wirkung der chemischen Lichtstrahlen bei niederer Wärme (16—19°) viel mächtiger ist, als bei höherer Wärme (21—25°). Nur ist zu bedenken, dass der Unterschied gewiss weniger beträchtlich gewesen sein würde, wenn nicht zufällig in den Versuchen bei niederer Wärme dem stärkeren Licht ein (durchschnittlich um 1,9°) tieferer Wärmegrad entsprochen hätte, während bei den Versuchen mit höherer Wärme im Gegentheil das stärkere Licht von einer (durchschnittlich um 1,1°) höheren Wärme begleitet war, als die, welche bei den Versuchen mit schwächeren chemischen Lichtstrahlen herrschte. Mit anderen Worten, in der Gruppe für niedere Wärmegrade wirkten stärkeres Licht und geringere Wärme gleichsinnig zusammen, beide die Kohlensäure vermehrend, während umgekehrt in der Gruppe für höhere Wärmegrade die höhere Wärme dem stärkeren Licht entgegenwirkte.

Hier wäre es also ganz müssig, einer verhältnissmässigen Zunahme der Kohlensäure bei höheren Lichtgraden nachzuspüren, und wir begnügen uns um so lieber damit, die Regel in grossen Zügen zu bestätigen, als wir uns nur sehr ungern dazu entschliessen würden, die gefundenen Zahlen mit Rücksicht auf die verschiedenen Wärmegrade, denen sie entsprechen, zu berichtigen.

Dagegen können wir uns nicht versagen, die Kohlensäurewerthe, die bei gleicher Wärme, aber bei verschiedenen Lichtgraden gefunden

wurden, zusammenzustellen, wie wir es oben (S. 318) für verschiedene Wärmegrade bei gleichem Lichtgrad gethan. Daraus ergiebt sich augenfällig, dass mit der Stärke der chemischen Lichtstrahlen die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure zunimmt:

Wärme.	Licht.	Kohlensäure.
22,5°	VIII	3,162
22,1°	IX	4,733
22,2°	XI	5,101
25,0°	XI	3,594
25,0°	XIII	4,193.

Wir kommen zu dem Schlusse, dass unter sonst gleichen Umständen der Lichtgrad und die von Thieren ausgeschiedene Kohlensäure zusammen wachsen, aber wir müssen jeden Versuch zurückweisen, eine Verhältnissmässigkeit in der Zunahme der beiden Grössen zu entdecken, von denen die eine — die Kohlensäure — im strengsten Sinne gemessen werden kann, während die andere — der Lichtgrad — nur einer befriedigenden Schätzung unterlag.

Die Haselmaus, Myoxus muscardinus, die zu unsren Versuchen gedient hat, war die geruchlose oder beinahe geruchlose Abart.

Am ersten April 1878 hatte das Thierchen ein Stück seines Schwanzes verloren.

Die Versuche, die dazu angestellt wurden, um den Einfluss des Lichts am unversehrten Thier zu erforschen, fielen in die Tage zwischen den 26. und 29. April desselben Jahrs. Damals wog die Haselmaus durchschnittlich 16,2 Gramm. Die Mittelwerthe, die sich aus zwei vergleichenden Versuchsreihen ergaben, sind:

Dunkel.			Licht.	
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
18,6°	17,257	VIII,5	18,0°	25,052,

und das Verhältniss zwischen den Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure:

Dunkel.		Licht.
100	:	145[1]).

Nach den Versuchen des 29. April wurden mit Leichtigkeit die beiden Augen ausgeschnitten. Die Blutung war äusserst gering, das Thierchen litt nicht in Folge des Eingriffs und frass und trank nachher wie zuvor.

Sieben vergleichende Versuchsreihen wurden im Monat Mai ausgeführt, die erste zwei Tage, die siebente einundzwanzig Tage nach der Blendung, zwei weitere, also die achte und neunte, am 4. und 9. Juli, also beziehungsweise 66 und 71 Tage nach Entfernung der Augen.

Im Monat Mai, nach Verlust der Augen, wog die Haselmaus 15 bis 17 Gramm, das Durchschnittsgewicht stimmte also sehr nahe mit dem vor der Ausrottung der Augen überein. Im Monat Juli aber wog sie im Durchschnitt 22,5 Gramm, was ein gutes Zeugniss für ihr Wohlbefinden ablegte, obgleich sie in der Nacht vom 12. auf den 13. Juli starb.

Für die blinde Haselmaus berechnen sich aus allen neun Versuchsreihen nachstehende Mittelwerthe:

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
21,4°	16,152	XI	21,2°	18,047.

Während die Wärmegrade im Mittel gleich sind und auch bei den einzelnen Vergleichsversuchen sehr befriedigend übereinstimmen, ergeben die Kohlensäurewerthe

	Dunkel.		Licht.
das Verhältniss . . .	100	:	112.

Der Kohlensäure mehrende Einfluss behauptet sich also auch bei der blinden Haselmaus, wenn wir ihn aber mit dem beim unversehrten Thierchen vergleichen, dann ist er nach dem Verlust der Augen

[1]) Man vergleiche die Tabellen VIII a, VIII b.

stärker verringert (von 145 auf 112), als bei der Wanderratte (von 126 auf 112).

Rücksichtlich der Haselmaus ist zu bemerken, dass das Licht beim blinden Thierchen die Kohlensäureausscheidung in den zwei ersten Versuchsreihen, die am 2. und 4. Tage nach Ausschälung der Augen gewonnen wurden, viel stärker vermehrte, als später. Aber das Gleiche ward auch an der Wanderratte wahrgenommen, obgleich die ersten Versuche mehr als 30 Tage nach der Blendung angestellt wurden. Dennoch wäre es uns lieb gewesen, die Versuche an der augenlosen Haselmaus länger fortsetzen zu können.

Für die Frage über den Grad des Lichteinflusses nach Maassgabe der Lichtstärke im chemischen Sinne lieferte die Haselmaus nur einen geringen Beitrag.

Vom unversehrten Thierchen stehen uns nur zwei vergleichende Versuchsreihen zu Gebot. Allerdings war beim Lichtgrad IX die Kohlensäureausscheidung viel reichlicher (27,735) als bei dem Lichtgrad VIII (22,369), aber im ersteren Fall betrug die Wärme 17°, im zweiten 19°.

Umgekehrte Wärmeunterschiede begleiten die Versuche, die an der blinden Haselmaus gesammelt wurden, so dass eine Eintheilung derselben in zwei Gruppen nach Maassgabe der Lichtstärke dazu führen würde, niedere Wärmegrade und niedere Lichtgrade für dieselben Versuche zu finden, bei welchen also das Licht den Einfluss der Wärme durchkreuzt.

Zum Glück giebt es jedoch unter den Beobachtungen bei der blinden Haselmaus drei, für welche der Wärmegrad derselbe war (20°), der Lichtgrad dagegen verschieden, so dass sie zum Vergleich auffordern:

Lichtgrade	VIII	XI	XIV
Kohlensäure	16,367	17,913	21,040
Verhältnisszahlen für die Kohlensäure	100	: 109	: 128.

Und wenn wir den Kohlensäurewerth für den Lichtgrad VIII = 100 setzen, und für die Lichtgrade XI und XIV das Mittel nehmen, erhalten wir

Lichtgrade	VIII		XII,5
Verhältnisszahlen für die Kohlensäure	100	:	119.

Ist auch die Zahl der betreffenden Versuche nicht gross, so hat es doch immer einen Werth, dass sie übereinstimmen mit dem Ergebniss von Moleschott's älteren Versuchen am Frosche, sowie mit unseren gemeinschaftlichen Erfahrungen bei demselben Thiere, beim Sperling und bei der Wanderratte, d. h. bei Vertretern dreier Wirbelthierklassen.

Nachdem wir nunmehr im Einzelnen die Versuche besprochen haben, die wir bei Arten dreier Wirbelthierklassen ausgeführt, um sicherer als bisher die von Moleschott aufgeworfene Frage zu beantworten, ob das Licht auch nach Ausschluss seiner Wirkung auf die Augen die Ausscheidung der Kohlensäure vermehrt, und zwar indem wir Thiere untersuchten, deren Augen vollkommen ausgerottet (Frosch, Haselmaus) oder zerstört (Sperling, Wanderratte) waren, wollen wir in wenig Zahlen das Hauptergebniss dieses Theils unserer Arbeit zusammenfassen.

Uebersicht der mittleren Verhältnisse für die Kohlensäurewerthe im Dunkeln und Hellen für unversehrte und augenlose Thiere.

	Unversehrte Thiere.		Blinde Thiere.	
Thierklasse.	Dunkel.	Licht.	Dunkel.	Licht.
Amphibien . . .	100	120	100	111
Vögel	100	134	100	127
Säugethiere . . .	100	140	100	112.

Zu diesen Zahlen, die keiner Erklärung bedürfen, gesellt sich nun die ebenso bedeutsame Thatsache, dass auch geblendete Thiere in verschiedenem Grade die grössere oder geringere Stärke der chemischen Lichtstrahlen durch die ausgeschiedene Kohlensäure kundgeben, was die folgenden Mittelwerthe in kurzer Uebersicht wiederholen.

Geblendete Thiere.	Verschiedene Lichtgrade.		Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen.
Frosch	II,8	IV	100 : 115[1])
Sperling	V	VI	100 : 115[2])
Wanderratte . . .	VIII,6	XI,7	100 : 119[3])
Haselmaus . . .	VIII	XII,5	100 : 119[4]).

Jeder Leser, der uns bisher gefolgt ist, begreift ohne Weiteres, warum wir die Lichtgrade nicht in Form von Verhältnissen niedergeschrieben haben, ja wir würden es kaum verzeihlich finden, wenn wir noch einmal betonen wollten, dass man eine Verhältnissmässigkeit im mathemathischen Sinne zwischen den Graden einer nach gegenseitigem Uebereinkommen abgestuften Farbenleiter und streng gewogenen Kohlensäuremengen weder erwarten, noch als gültig annehmen könnte, wenn ein Spiel des Zufalls sie auch vorspiegeln sollte.

Noch nach Wegfall der Augen fährt das Licht fort, die Menge der von Thieren ausgeschiedenen Kohlensäure zu steigern, freilich in geringerem Grade als bei unversehrten Thieren, aber in unzweifelhafter Weise bei Amphibien, Vögeln und Säugethieren.

Noch nach Wegfall der Augen fährt die grössere Stärke der chemischen Lichtstrahlen fort, die Kohlensäureausscheidung der Thiere zu vermehren, wenn wir auch nicht daran denken dürfen, eine Verhältnissmässigkeit zwischen zwei Wirkungen aufzustellen, die beide von einer Mehrzahl von Ursachen abhängen, welche nicht alle in gleichem Sinne thätig sind.

---

[1]) Zur Berechnung dieser Mittelwerthe dienten die Erfahrungen an Frosch B und Frosch H (S. 302, 303), die 5 Versuche bei schwächerem und 2 bei stärkerem Licht geliefert haben, also zwei Gruppen vergleichbarer Versuche.

[2]) Das Verhältniss ist ermittelt aus den Durchschnittswerthen von 3 Beobachtungen für schwächeres und 4 Beobachtungen für stärkeres Licht. Vgl. S. 312.

[3]) Mittelwerthe aus je 7 und 6 Versuchen. S. 317.

[4]) Eine Beobachtung für Grad VIII und das Mittel aus zwei Versuchen für Grad XII,5. S. 323.

III. Ueber den Einfluss gemischten Lichts auf die Kohlensäureausscheidung der Gewebe.

Chasanowitz und wir selber haben der Forderung Brown-Séquard's entsprochen, den Einfluss des Lichts an Fröschen zu untersuchen, denen das Rückenmark hoch oben durchschnitten [1]) oder das Hirn sammt den Zweihügeln weggenommen war [2]), um die störende Nebenwirkung von Bewegungen der Thiere auszuschliessen. Moleschott war übrigens überzeugt, dass die sehr grosse Anzahl seiner Versuche, bei welchen die Frösche in der Mehrzahl der Fälle ruhig da sassen, den von Brown-Séquard ausgesprochenen Zweifel mittelbar, nach dem Gesetz der Ausgleichung durch grosse Zahlen, beseitigte. Auch heute scheint uns, dass er darin nicht Unrecht hatte, und doch ist es jedenfalls nützlich, dass der Beweis für seine Ansicht auch unmittelbar erbracht ist.

Nun ist es uns aber gelungen viel weiter zu gehen, insofern nicht bloss Frösche, deren Hirn und Rückenmark vollkommen zerstört ist, bei denen aber dennoch das Blut noch kreist, so wie ganz ausgeweidete Frösche ohne Kreislauf, sondern auch einzelne Gewebe, welche die Ablösung vom Ganzen überleben oder noch reizbar sind, die Einwirkung des Lichts im Sinne vermehrter Kohlensäureausscheidung erleiden.

Am 29. October 1878, morgens $9^3/_4$ Uhr, wurde ein Wasserfrosch geköpft, der in unserem Tagebuch mit dem Buchstaben D

[1]) Chasanowitz, a. a. O., S. 25, 26 und diese Abhandlung, S. 268, 269.
[2]) Vgl. diese Abhandlung, S. 279, 298.

bezeichnet ist. Der Schnitt ging vor der vorderen Fläche der Zweihügel hinweg. Darauf wurden diese, das verlängerte Mark und Rückenmark entfernt und auch das letztere bis an sein hinteres Ende zerstört, indem mit Gewalt ein kleines Schwämmchen bis auf den Grund des Rückgratkanales vorgeschoben wurde.

Gleich nach der Ausrottung oder Zerstörung der Nervenheerde untersuchten wir die Schwimmhaut unter dem Mikroskop und fanden Blutumlauf in den Gefässen, wenn auch sehr verlangsamt. Nach Beendigung der drei Athemversuche am 29. October war die Blutbewegung in der Schwimmhaut etwas lebhafter. Eine zweite Versuchsreihe ward am 31. October vorgenommen. Ehe dieselbe begann, war noch langsames Kreisen des Bluts in den Gefässen der Schwimmhaut vorhanden. Nach den Versuchen stand das Blut in diesen still, aber die Bewegung konnte auf wenige Augenblicke wieder hervorgerufen werden, als wir Wechselströme auf die Herzgegend einwirken liessen. Durch dasselbe Reizmittel wurden die Muskeln der Gliedmaassen und des Unterleibs zum Zucken veranlasst.

Der Frosch wog am 29. October, nachdem er in besagter Weise hergerichtet worden, 60,6 Gramm, und, da er in feuchtem Fliesspapier aufbewahrt wurde, am 31. October 63,5 Gramm.

Der Lichtversuch ward zwischen zwei Versuche im Dunkeln eingeschaltet. Während die einzelnen Zahlen, sowohl die unmittelbar gefundenen, wie die auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführten Kohlensäurewerthe in den Tabellen IXa und IXb verzeichnet sind, folgen hier die Mittelwerthe:

Frosch D, ohne Augen, ohne Hirn und Rückenmark, mit schwachem Blutkreislauf.

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Licht.	Wärme.	Kohlensäure.
14,0°	0,145	VI	14,4°	0,218,

und das Verhältniss zwischen Dunkel und Licht:

0,145 : 0,218 = 100 : 150.

Das Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen im Dunkeln und im Hellen war in den beiden einzelnen Versuchsreihen beinahe gleich:

	Lichtgrad.	Dunkel. Licht.
in der ersten	VII	100 : 152
in der zweiten	V	100 : 147,

allein die Gesammtmengen der Kohlensäure waren am ersten Tage viel grösser, etwa in dem Verhältniss $^3/_5$, als zwei Tage nach der Enthauptung und Vernichtung der Nervenheerde.

In Betracht der grossen Regelmässigkeit dieser Zahlen schien es uns nicht nöthig, die Versuche unter denselben Umständen zu wiederholen.

Statt dessen haben wir bei einer anderen Rana esculenta, G, zur Köpfung und Vernichtung von Hirn und Rückenmark die Enthäutung hinzugefügt. Unterkiefer und Zunge wurden dem Thiere belassen.

An demselben Tage des Eingriffs, eine halbe Stunde nach diesem, wurde die erste, zwei Tage später die zweite vergleichende Versuchsreihe ausgeführt, um die im Dunkeln und die im Licht ausgeschiedene Kohlensäure zu bestimmen.

Am 4. November, nachdem das Thier zu den Versuchen vorbereitet war, fanden wir den Blutlauf in der Schwimmhaut sehr langsam, aber in mehreren Gefässen. Die Farbstoff führenden Zellen waren sternförmig. Am 5. November war die Blutbewegung etwas lebhafter; am 6., vor und unmittelbar nach den Versuchen sehr schwach. Sowohl am 5., wie am 6. November waren die Farbstoffzellen kugelig. Eine Stunde nach Beendigung der zweiten Versuchsreihe stand das Blut still. Wechselströme, mochten sie auf die Nerven oder auf die Muskeln einwirken, brachten letztere nicht mehr zur Zusammenziehung, nur die Zehenmuskeln flimmerten bei Anwendung starker Ströme.

Den 4. November wog der zu den Versuchen hergerichtete Frosch 38,4 Gramm, den 6. November in Folge von Wasseraufnahme 44,3. (Siehe Tabelle Xa.)

Bei den Versuchen des ersten Tags brachte das Licht keine Ver-

mehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure hervor, es hat sogar den Anschein, als wenn in den drei Stunden, welche die Versuchsreihe beanspruchte, die Kohlensäure fortschreitend abnahm. Am zweiten Tage dagegen war der Einfluss des Lichts mächtig und zeigte auch eine Nachwirkung in der dritten Stunde, in welcher der enthäutete Frosch im Dunkeln lag.

Wir schreiben die Durchschnittszahlen beider Versuchsreihen hierher:

Rana esculenta ohne Augen, Hirn und Rückenmark und ohne Haut mit kreisendem Blut.

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
11,8°	0,265	V	11,4°	0,332

	Dunkel.		Licht.		Dunkel.		Licht.
mittleres Verhältniss . .	0,265	:	0,332	=	100	:	125
Verhältniss des 1. Tages	0,259	:	0,231	=	100	:	89
„ „ 3. „	0,271	:	0,434	=	100	:	160[1]).

Die in unseren Tabellen XIa und XIb verzeichneten Versuche lassen sich als Versuche an Froschmuskeln betrachten. Für jede der betreffenden Versuchsreihen dienten zwei geköpfte, enthäutete, ausgeweidete Frösche, deren Rückenmark zerstört und deren Hüftnervengeflechte durchschnitten waren.

In den beiden ersten Versuchsreihen war der Lichtversuch zwischen zwei Versuche im Dunkeln eingeschaltet, in der dritten und vierten dagegen ein Versuch im Dunkeln zwischen zwei Versuche im Hellen, ohne dass die veränderte Reihenfolge der Versuche das Ergebniss derselben geändert hat.

Alle die betreffenden Präparate zuckten ordentlich, als sie nach Ablauf der Versuche mit elektrischen Strömen gereizt wurden.

Hier folgen die Mittelwerthe der vier Versuchsreihen.

[1]) Siehe Tabelle Xa, Xb.

Muskeln von Rana esculenta.

Dunkel.		Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
8,9°	0,352	IV,9	8,6°	0,600.

Dunkel. Licht. Dunkel. Licht.
352 : 600 = 100 : 170.

Also ohne Blutlauf, ohne Haut, ohne Augen, ohne Hirn und Rückenmark oder unversehrte blossliegende Nerven sehen wir das Athmen zuckungsfähiger Froschmuskeln durch den Einfluss des Lichts bedeutend thätiger werden.

Es ist beachtenswerth, dass ohne Dazwischenkunft der Haut, bei erhaltenem oder erloschenem Kreislauf des Blutes, das Licht seinen die Kohlensäureausscheidung vermehrenden Einfluss behauptet. Wir heben die Thatsache hervor, weil Béclard nach Enthäutung der Frösche die Wirkung der rothen und grünen Strahlen sich umkehren sah. Da die Grundwirkung des gemischten und farbigen Lichts, wie wir später sehen werden, nur gradweise verschieden ist, müssen wir darauf zurückkommen, dass die Froschmuskeln, an denen wir unsere Versuche angestellt, nach diesen noch vollkommen zusammenziehungsfähig waren. Béclard fand nämlich die farbigen Strahlen wirkungslos auf Metzgerfleisch, das von Thieren herrührte, die vor einem oder zwei Tagen geschlachtet waren. Diese Muskeln, deren Todtenstarre schon gelöst war, lieferten für gleiches Gewicht in verschiedenfarbigem Lichte gleiche Mengen Kohlensäure[1]).

Wir haben auch einige Versuche mit Muskeln eines weiblichen Kaninchens und eines Hundes angestellt, sogleich nachdem die Thiere getödtet waren. Jeder der betreffenden Versuche dauerte zwei Stunden, von denen die erste halbe Stunde im Dunkeln, die zweite im Licht, die dritte wieder im Dunkeln und die vierte im Licht geathmet wurde.

Nach Beendigung der Versuche war das Fleisch nicht starr, aber

[1]) Jules Béclard, Comptes Rendus, T. XLVI (1858), p. 441—443, V.

es zuckte nicht mehr, als es mit elektrischen Strömen gereizt ward. Trotzdem zeigten die Muskeln des Hundes auf mechanische Reizung idiomuskuläre Zuckung.

Die Mittelwerthe für das Fleisch der Säugethiere, auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet, sind folgende:

	Dunkel.		Licht.		
	Wärme.	Kohlensäure.	Licht.	Wärme.	Kohlensäure.
Muskeln vom Kaninchen	8,4°	0,231	III,5	8,4°	0,408
„ „ Hund . .	7,2	0,286	III	7,0	0,403
Mittelwerthe:	7,8°	0,258	III,2	7,7°	0,405.

Und das Verhältniss von 258 : 405

Dunkel. Licht.

ist = 100 : 157 [1]).

Wir stellen hier in gedrängter Uebersicht die Verhältnisse der von den Muskeln im Dunkeln und Hellen gelieferten Kohlensäurewerthe zusammen.

	Dunkel.		Licht.
Froschmuskeln mit Haut und Kreislauf .	100	:	150
„ ohne Haut mit Kreislauf .	100	:	125
Froschmuskeln	100	:	170
Kaninchenmuskeln	100	:	177
Hundemuskeln	100	:	141.

Da das Licht die Kohlensäureausscheidung der blossen Muskeln anregt, können wir nicht daran zweifeln, dass das Licht einen unmittelbaren chemischen Einfluss auf die Gewebe ausübt, womit natürlich die Wirkung, die das Licht durch Reizung der Netzhaut und sehr wahrscheinlich noch anderer Nervenausbreitungen vermittelt, nicht in Frage gestellt würde, selbst wenn von Platen nicht bewiesen hätte, dass bei Kaninchen durch Einwirkung des Lichts auf die Netzhaut allein die Ausscheidung der Kohlensäure und der Verbrauch des Sauerstoffs zunehmen. Aber es wird durch unsere Untersuchungen das Ergebniss von Moleschott's älteren Versuchen bestätigt, dass näm-

[1]) Man sehe die Tabellen XIIa, XIIb.

lich das Licht, auch ohne Dazwischenkunft der Augen, den Stoffwechsel beschleunigt.

Bei diesen letzten Untersuchungen haben wir keinen grossen Unterschied in den Kohlensäurewerthen beobachtet, je nach der Lichtstärke, bei der sie erhalten wurden. Nur die Tabelle IXb, die sich auf Frösche ohne Augen, so wie ohne Hirn und Rückenmark bezieht, ergiebt als Verhältniss der Kohlensäurewerthe:

beim Lichtgrad	im Dunkeln		im Lichte
V	100	:	147
VII	100	:	152.

Es ist aber zu bedenken, dass beim höheren Lichtgrad auch die Wärme höher war, und zwar um 2,4°.

Man könnte etwa eine neue Bestätigung der vielfach erprobten Thatsache darin finden, dass das Verhältniss der Kohlensäurewerthe bei den Säugethieren

	Lichtgrad.	Dunkel.		Licht.
beim Hund	III	100	:	141
„ Kaninchen . .	III,5	100	:	171

war. Allein zunächst handelte es sich um verschiedene Thiere, und sodann ist die Zahl der Beobachtungen sowie der Unterschied zwischen den Lichtgraden zu klein, um mehr daraus zu schliessen, als dass eben auch diese Zahlen der Regel nicht widersprechen.

Nach unserer Trennung, in Folge der Berufung Moleschott's von Turin nach Rom, hat Fubini diese Versuche auf das Nervengewebe ausgedehnt[1]).

Weil das Hirn und Rückenmark der Frösche zu klein ist, wurden Säugethiere zu den betreffenden Versuchen gewählt, indem dafür gesorgt wurde, die Reizbarkeit der genannten Organe auf künstliche Weise länger als gewöhnlich zu erhalten.

Unter den verschiedenen Hülfsmitteln, mit welchen dieser Zweck von Bernard, Schiff, Moleschott, Oscar Israel und Brown-

[1]) S. Fubini, influenza della luce, sulla respirazione del tessuto nervoso; Archivio di Bizzozero, Vol. III, Nr. XIX.

Séquard angestrebt worden, wählte Fubini das Firnissen der Haut oder Einspritzen von Alkohol unter dieselbe und in die Bauchhöhle, beides von Schiff empfohlene Kunstgriffe.

Vor dem Firnissen wurden die Haare der Thiere sorgfältig abgeschoren.

Die Alkoholgaben, welche verwandt wurden, waren bei den einzelnen Thieren verschieden. So wurden bei dem Hund bis zu 300 Kubikcentimeter einer Auflösung, die 20 % absoluten Alkohols enthielt, in die Bauchhöhle und unter die Haut gespritzt, beim Kaninchen und Meerschweinchen etwa 100 Kubikcentimeter.

Sogleich nach dem Tode der Thiere, deren Wärme rasch abnahm, hier und da sogar um 20° sank, wurden Hirn und Rückenmark so schnell als möglich hergerichtet und gewogen.

Die Versuche dauerten 2, 3 und 4 Stunden, je nach der Dauer der Reizbarkeit der im Thiere übrig gebliebenen Nerven, die elektrisch geprüft wurden. Man kann also diese Versuche als solche betrachten, die an überlebendem Nervengewebe angestellt wurden, obwohl man weiss, dass die Nervenheerde schneller absterben als die sich im Körper verbreitenden Nerven.

Von den dreizehn Versuchsreihen beziehen sich vier auf den Hund (1 Männchen und 3 Weibchen), zwei auf's Kaninchen (1 Männchen, 1 Weibchen), sechs auf das Meerschweinchen (2 Männchen und 4 Weibchen) und eine auf eine männliche Wanderratte.

Sieben, also mehr als die Hälfte aller Versuchsreihen, erstreckten sich über vier Stunden, d. h. sie begannen mit dem Athmen des Hirns und Rückenmarks während einer Stunde im Dunkeln, dann folgte eine Stunde im Lichte, dann wieder eine im Dunkeln und schliesslich noch eine im Licht. Häufig also war ebenso gut ein Versuch im Dunkeln zwischen zwei Lichtversuche, als ein Lichtversuch zwischen zwei Versuche im Dunkeln eingeschaltet, so dass beim Berechnen der Mittelwerthe die eine und die andere Reihenfolge zur Geltung kam. Es begab sich zuweilen (viermal unter dreizehn Versuchen), dass, während die Versuchsreihe im Dunkeln begann, die erste Stunde einen höheren Kohlensäurewerth lieferte als die darauf folgende

Stunde im Licht, so dass man einen dem Lichte günstigeren Werth erhält, wenn man die Mittelwerthe aus dem zweiten und vierten Versuch unmittelbar mit dem dritten vergleicht, und dies sowohl beim Hunde wie beim Kaninchen, als wenn man den ersten Versuch mit berücksichtigt.

Nachstehende Mittelwerthe sind aus sämmtlichen Zahlen der einzelnen Versuchsreihen berechnet, die in Fubini's Abhandlung im Einzelnen verzeichnet sind[1]).

Kohlensäure, die vom Hirn und Rückenmark der Säugethiere ausgehaucht worden, auf 100 Gramm in 24 Stunden.

	Dunkel.		Licht.		
Thier.	Wärme.	Kohlensäure.	Licht.	Wärme.	Kohlensäure.
Hund	8,5°	0,228	III,9	8,7°	0,340
Kaninchen . . .	16,0	0,268	X	17,1	0,305
Meerschweinchen .	9,2	0,387	IV,5	8,8	0,527
Wanderratte . .	12,1	1,220	VI	12,2	1,398.

Die Verhältnisse zwischen den Kohlensäurewerthen sind:

	Dunkel.		Licht.
Hund	100	:	149
Kaninchen . .	100	:	114
Meerschweinchen	100	:	137
Wanderratte . .	100	:	115
Mittleres Verhältniss	100	:	129.

Wir benützen die bei derselben Thierart gefundenen Zahlen, um das Muskel- und Nervengewebe hinsichtlich ihrer Athemthätigkeit und deren Abhängigkeit vom Licht mit einander zu vergleichen.

[1]) Fubini, a. a. O., p. 8—22.

	Kohlensäure für 100 Gramm in 24 Stunden.		Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen im Dunkel und im Licht.	
	Muskeln.	Hirn u. Rückenmark.	Muskeln.	Hirn u. Rückenmark.
Hund: Dunkel	0,286	0,228	100 : 141	100 : 149
„ Licht	0,403	0,340		
Kanin.: Dunkel	0,231	0,268	100 : 177	100 : 114
„ Licht	0,408	0,305		

Es wäre voreilig für jetzt aus den hier verglichenen Zahlen allgemeine Regeln ableiten zu wollen, um so mehr als die Versuche an den Muskeln der Säugethiere weniger zahlreich sind als die an Hirn und Rückenmark. Wenn wir jedoch sämmtliche Zahlen berücksichtigen, scheinen die Muskeln kräftiger zu athmen und für den Einfluss des Lichts empfänglicher zu sein als das Nervengewebe.

Beide aber, Muskeln und Nervengewebe, scheiden offenbar unter der Einwirkung des Lichts mehr Kohlensäure aus als im Dunkeln. Es ergiebt sich also, dass unter dem Einfluss des Lichts nicht bloss das Athmen im Allgemeinen mehr Kohlensäure liefert, sondern dass dies auch für die Gewebeathmung gilt, und zwar für Gewebe, die, aus dem Zusammenhang genommen, nicht mehr von Blut durchströmt werden, aber doch noch Lebenseigenschaften besitzen.

Auf todte Gewebe haben wir bis jetzt unsre Untersuchungen nicht ausgedehnt, wir erinnern aber nochmals daran, dass Béclard an Muskeln, deren Todtenstarre schon gelöst war, farbiges Licht nicht mehr von Einfluss fand [1]).

[1]) Vgl. S. 329.

IV. Ueber den Einfluss farbigen Lichts auf die Kohlensäureausscheidung der Thiere.

1. Geschichtliche und kritische Vorbemerkungen.

Der Erste, welcher nach Moleschott's Untersuchungen über den Einfluss gemischten oder „weissen" Lichts auf das thierische Athmen, etwas über die besondere Wirkung farbiger Strahlen auf die erwähnte Verrichtung veröffentlicht hat, ist Jules Béclard. Er untersuchte die Einwirkung farbiger Glasglocken auf das Athmen von Vögeln und kleinen Säugethieren, von Mäusen z. B., fand aber bei diesen keinen Unterschied, während grüne Frösche — Rana esculenta ohne Zweifel — unter grünem Glase viel mehr Kohlensäure ausschieden als unter rothem, so zwar, dass die Kohlensäure unter jenem $^1/_4$, $^1/_3$, ja sogar die Hälfte mehr betrug als unter jenem [1]).

Diese und andere von Béclard berichtete Thatsachen waren so neu und wichtig, dass sie die grösste Aufmerksamkeit verdienten und verdienen. Es ist daher lebhaft zu bedauern, dass der französische Physiologe bisher sein Untersuchungsverfahren und die von ihm erhaltenen Ergebnisse nicht ausführlicher veröffentlicht hat, um so mehr, da aus einem Schreiben Béclard's an Einen von uns Beiden hervorgeht, dass er noch andere physiologische Wirkungen farbigen und gemischten Lichts beobachtet hat, die bisher nicht öffentlich bekannt geworden sind.

[1]) Jules Béclard, Comptes Rendus, 1858, T. XLVI, p. 441—443.

Nach der gewissermassen vorläufigen Ankündigung der von Béclard beobachteten Thatsachen (1858), erschien die schon früher erwähnte Arbeit von Antonio Selmi und Giovanni Piacentini (1870), deren Untersuchungen am Hunde, der Turteltaube und der Henne angestellt wurden [1]).

Die verschiedene Farbe ward auch hier mit farbigen Gläsern erhalten. Der Hund befand sich in einem Holzkasten mit einem Fensterchen, das eine Glasscheibe von der Farbe enthielt, die während des Versuchs im Inneren des Kastens vorherrschen sollte [2]). Während für den Hund die Kohlensäure bestimmt wurde, die er aushauchte, indem er sich in dem farbig beleuchteten Kasten befand, ward für die Turteltaube, und wie es scheint auch für die Henne, die Kohlensäure bestimmt, die sie nicht während ihres Aufenthalts im farbigen Licht, sondern nachdem sie einige Zeit dessen Einfluss erlitten hatte, ausschied [3]).

Wir erfahren aus der Abhandlung von Selmi und Piacentini, dass die Turteltaube 134 und die Henne 655 Gramm wog. Das Gewicht des Hundes ist nicht angegeben, und ebensowenig irgend eine unmittelbar gefundene Zahl für die von der Turteltaube gelieferte Kohlensäure.

---

[1]) Pott, a. a. O., S. 59 sagt irrthümlicher Weise, dass Selmi und Piacentini mit einer Katze gearbeitet haben. Vielleicht hat Pott, statt gallina, gattina gelesen.

[2]) Antonio Selmi e Giovanni Piacentini, Rendiconti del Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere, serie 2, Vol. III (Adunanza del 27 Gennajo 1870), p. 53.

[3]) Der Gedanke, die Wirkung irgend einer Naturkraft zu erforschen, nachdem sie zu wirken aufgehört, hat etwas so Ueberraschendes, dass wir wiederholt die Worte von Selmi und Piacentini gelesen haben, um uns zu vergewissern, dass wir sie nicht missverstanden. Wir glauben daher sie wörtlich anführen zu müssen. Nach Beschreibung der Vorrichtung, in welcher die Turteltaube sich befand, während die von ihr ausgeschiedene Kohlensäure bestimmt wurde, sagen die Verfasser: „Un' ora intera rimaneva l'animale sottomesso alla prova sotto all' apparecchio, avendo il riguardo di tenerlo qualche tempo prima sotto ad una cassetta di legno, a quale era per tre lati chiusa da assicelle, pel quarto lato chiusa da un vetro colorato". Selmi und Piacentini, a. a. O., p. 56.

Die Zeitdauer eines jeden Athemversuchs betrug eine Stunde für den Hund und für die Turteltaube, eine halbe Stunde für die Henne. Wenn man bedenkt, dass in den Versuchen von Selmi und Piacentini die Wirkung der Dunkelheit (schwarzes Glas) mit gemischtem Licht (weisses Glas), mit Violett, Blau, Grün, Gelb und Roth verglichen ward, so dass je sieben Vergleichsversuche nach einander angestellt werden mussten, ist man zur Annahme genöthigt, dass die betreffenden Versuche nicht an dem nämlichen Tage ablaufen konnten. Und wenn dem so war, möchte man über die Umstände des Gewichtes, der Nahrung, der Wärme Genaueres wissen. Wir haben wiederholt daran erinnert, wie mächtig die Wärme eingreift in die Regelung der Kohlensäuremenge, die von den Thieren ausgeschieden wird. Nun sagen zwar die Verfasser, dass die Stunde, der Wärmegrad, der Luftdruck, sowie Tag und Monat der Versuche genau verzeichnet wurden[1]). Aber in ihrer gedruckten Abhandlung verlautet von alle dem kein Sterbenswörtchen, ja man erfährt nicht einmal daraus, ob die Wärmegrade in den miteinander verglichenen Versuchen nahe Uebereinstimmung zeigten.

Von der Henne herkommend, strömte die Luft durch Barytwasser, vom Hunde und der Turteltaube durch einen Liebig'schen Kaliapparat und ein nachfolgendes U-förmiges Rohr mit Stückchen Aetzkali[2]). Wir bezweifeln ob letztere Vorrichtung genügte die von einem Hunde oder einer Turteltaube abgegebene Kohlensäure vollständig zurückzuhalten. Allein die durch einen Aspirator in Bewegung versetzte Luft sollte überdies ihren sämmtlichen Wasserdampf in einem Proberohr mit Chlorcalcium zurücklassen, das zwischen dem Absorptionsapparat und dem Thierbehälter eingeschaltet war[3]). Dass aber hierzu ein Chlorcalciumrohr genügen sollte, während in einer Stunde 30 und mehr Liter einer nahezu mit Wasser gesättigten Luft dasselbe durchströmten[4]), scheint uns jedenfalls zu zweifelhaft, um aus der Gewichts-

[1]) A. a. O., p. 54 oben.
[2]) A. a. O., p. 53 unten.
[3]) A. a. O., p. 54.
[4]) A. a. O., p. 55.

zunahme jenes Chlorcalciumrohrs die Wassermengen zu bestimmen, die der Hund während des Versuchs abgab. Und wenn dieser Zweifel nicht zu Recht bestehen sollte, rührte denn alles Wasser, das die Verfasser wägen wollten, wirklich vom Hunde, und nicht zu einem Theil, dessen Grösse ganz unbestimmt bleibt, von dem Barytwasser her, das die atmosphärische Luft, nach lobenswerther Anordnung, durchsetzen musste, bevor sie in den Behälter des Hundes gelangte[1])?

Aller dieser Bedenken wegen ist es doppelt zu bedauern, dass die Verfasser sich damit begnügt haben, Verhältnisszahlen, die aus ihren Versuchen abgeleitet sind, mitzutheilen, ohne die Kohlensäurewerthe anzugeben, welche sie unter verschiedener Beleuchtung unmittelbar gefunden haben.

Nur für die Henne, scheint es, geben uns Selmi und Piacentini unmittelbar erhaltene Zahlen, und zwar in Raumtheilen. Aber sie sagen wieder nicht, was für Raumtheile es waren, und ebensowenig ob dieselben auf gleiche Wärme und Luftdruck zurückgeführt sind.

Dazu kommt noch, dass die Versuche an der Turteltaube und der Henne für je eine Beleuchtungsart ein einziges Mal angestellt wurden, und zwar um das Ergebniss von mehr als 60 Versuchen am Hunde zu erproben, welche die Verfasser selbst nicht durchaus beruhigt hatten. Sie fürchteten nämlich, dass der Holzkasten nicht genügt haben möchte, um die gewünschte und erforderliche Genauigkeit zu erzielen, weil seine Verbindungen nicht luftdicht geschlossen hätten[2]). Wir unsererseits bekennen, dass unsere Hauptfurcht darin besteht, dass das Chlorcalciumrohr nicht genügte, um die Luft von ihrem Wassergehalt zu befreien, und ebensowenig die Kalivorrichtung, um alle von einem Hunde herstammende Kohlensäure zu binden. Diese beiden Unvollkommenheiten erzeugten also zwei in entgegengesetztem Sinne wirkende Fehler, deren Grösse unserer Schätzung entgeht.

Offenbar würde nichts so sehr den Sinn eines forschenden Lesers befriedigt haben, wie die genaue Mittheilung der einzelnen Zahlen.

---

[1]) A. a. O., p. 53, 54.

[2]) A. a. O., p. 55, 56.

Wie dem aber auch sein möge, wir lassen hier eine Uebersicht der von Selmi und Piacentini angegebenen Verhältnisse folgen, zumal ihnen die Ehre gebührt, dass sie zum ersten Mal bei höheren Thieren, je nach der Art der Beleuchtung, unter welcher sie athmeten, verschiedene Kohlensäurewerthe aufgefunden haben. Freilich theilen wir, aus allen angegebenen Gründen, die Tabelle mit einem gewissen Vorbehalt mit.

Es ist zu bemerken, dass unsere Uebersichtstabelle von derjenigen die Selmi und Piacentini geben, insofern abweicht, als sie die Zahl für das weisse Licht zur Einheit wählten, wir dagegen, um den übrigen Bezeichnungen in dieser und früheren Abhandlungen treu zu bleiben, die im Dunkeln erhaltene.

Verhältniss der Kohlensäurewerthe bei verschiedener Beleuchtungsweise *während* des Athemversuchs oder *vor* demselben[1]).

Nach **Antonio Selmi** und **Giovanni Piacentini.**

Beleuchtung.	Hund.	Turteltaube.	Henne.
Dunkel	100	100	100
violettes Licht .	107	117	112
rothes „ . .	112	129	133
weisses „ . .	122	147	144
blaues „ . .	126	147	149
grünes „ . .	141	159	153
gelbes „ . .	155	194	187.

Nach diesen Zahlen wäre das gelbe Licht am wirksamsten zur Vermehrung der Kohlensäureausscheidung, dann folgten grünes und blaues Licht, und auch das letztgenannte übertraf noch ein wenig das weisse. Weniger wirksam als weisses Licht waren rothes und violettes. Aber diese beiden bethätigten doch noch die Bildung der Kohlensäure

[1]) Vgl. S. 336.

so dass unter ihrem Einfluss mehr Kohlensäure ausgeschieden ward als im Dunkeln. Diesem letzteren stand das violette Licht am nächsten.

Obgleich für jede der betreffenden Versuchsbedingungen, sowohl an der Turteltaube wie an der Henne, von Selmi und Piacentini nur je ein Versuch angestellt ward, findet sich doch, bei aller Verschiedenheit in den einzelnen Werthen, Uebereinstimmung in der Reihenfolge der Farben, wenn sie nach dem Grade ihrer Wirksamkeit geordnet werden, und zwar nicht bloss für die Turteltaube und Henne, sondern auch für den Hund.

Die dritte Arbeit, in welcher der Einfluss von mehr oder weniger einfarbigem Licht auf das Athmen behandelt wird, ist die von Pott (1875)[1]:

Während Pott's Untersuchungsverfahren, insoweit es sich um die Bestimmung der Kohlensäure handelt, nichts zu wünschen übrig lässt, ist zu erwähnen, dass er nur eine geringe Anzahl von Versuchen bei einer einzigen Thierart angestellt hat, nämlich je zwei für jede Beleuchtungsweise, mit Ausnahme des grünen und gelben Lichts, in welchem er je drei Versuche ausführte.

Auch hier begegnen wir dem Uebelstand der farbigen Gläser, auf den wir weiter unten zurückkommen.

Es war eine Hausmaus, Mus musculus, die durchschnittlich 16,7 Gramm wog, an der Pott seine Versuche anstellte.

Die Versuche, welche unter denselben Bedingungen ausgeführt sind, ergaben gut übereinstimmende Zahlen, oder wo diese eine erhebliche Abweichung von einander zeigten, standen doch die unmittelbar gefundenen Kohlensäurewerthe, in der hier festgehaltenen Reihenfolge, in jeder folgenden Abtheilung über denjenigen der nächst vorhergehenden. Die Maus lieferte nämlich in 1 Stunde

		Gramm.	
im violetten Licht	I	0,128	Kohlensäure.
	II	0,112	„

[1]) Robert Pott, a. a. O., S. 54—59.

		Gramm.	
im rothen Licht	I	0,130	Kohlensäure.
	II	0,122	„
„ weissen „ („milchweiss“)	I	0,143	„
	II	0,136	„
„ blauen „	I	0,171	„
	II	0,150	„
„ grünen „	I	0,207	„
	II	0,181	„
	III	0,151	„
„ gelben „	I	0,239	„
	II	0,247	„
	III	0,493	„

Mit Ausnahme des gelben Lichts ist in jeder der betreffenden Abtheilungen die spätere Zahl kleiner als die ihr vorangehende, ohne dass irgend ein Grund des Verdachts vorliegt. Nur im gelben Licht sind die späteren Werthe grösser, und zwar der dritte um so viel, dass sich der Verfasser mit Recht veranlasst fand, ihn bei der Berechnung des Mittelwerthes unberücksichtigt zu lassen.

Die mittlere Wärme schwankte zwischen 14,5° und 15,5°, so dass eine ganz befriedigende Uebereinstimmung vorlag.

Und dennoch haben wir einen erheblichen Einwand zu machen, darin bestehend, dass Pott's Versuche an verschiedenen Tagen angestellt sind. Der Verfasser, der sonst so genau in seinen Angaben ist, giebt zwar den Tag der einzelnen Versuche nicht an, aber aus den Stunden kann man schliessen, dass sie über sechs oder sieben Tage vertheilt sein mussten, und ein Jeder, der zahlreiche Versuche dieser Art angestellt hat, weiss um wie viel der Betrag der Kohlensäure bei demselben Thiere von einem Tag zum andern wechseln kann.

Nach diesen Bemerkungen verzeichnen wir hier die Kohlensäuremengen, welche Pott's Maus unter den verschiedenen Beleuchtungsbedingungen aushauchte, indem wir nach unserer Gewohnheit die Zahlen für 100 Gramm und 24 Stunden berechnen; wir fügen die mittlere

Wärme und die Verhältnisswerthe hinzu, indem wir die im Dunkeln für die Kohlensäure gefundene Zahl = 100 setzen.

Beleuchtung.	Wärme.	Kohlensäure für 100 Gramm in 24 Stunden.	Verhältnisszahl.
Dunkel . . .	15,0°	12,568	100
Violettes Licht	15,2	16,660	133
Rothes „	15,2	17,904	143
Weisses „	14,5	19,172	153
Blaues „	15,2	23,512	187
Grünes „	14,5	24,660	196
Gelbes „	15,5	33,512	267.

Vergleicht man den Gang von Pott's Zahlen mit dem der Werthe von Selmi und Piacentini, so findet man eine grosse Aehnlichkeit und einen wesentlichen Unterschied. Die Grösse der Werthe wächst bei beiden in derselben Reihenfolge vom Dunkel bis zum gelben Licht; in beiden Reihen trennt das weisse Licht die Zahlen in zwei gleich zahlreiche Gruppen, insofern das weisse Licht wirksamer war als violettes und rothes, dagegen weniger wirksam als blaues, grünes und gelbes. Der Unterschied zwischen den beiden Untersuchungen besteht darin, dass Pott's Zahlen viel schneller wachsen als dies bei Selmi und Piacentini der Fall ist. Die mächtigste Wirkung des gelben Lichts, welche die letztgenannten Verfasser bei der Turteltaube erhielten, ergab eine beinahe doppelt so grosse Zahl wie die im Dunkeln gefundene, Pott's Maus dagegen lieferte beinahe das Dreifache des Werthes, den sie im Dunkeln aushauchte.

Der Erste, welcher veröffentlichte, dass er farbige Gläser vermied, war Chasanowitz. Er umgab die Froschkammer mit einer Schicht Indigolösung, die in der verwendeten Dicke nur die rothen Strahlen durchliess, oder mit einer Auflösung von doppelt chromsaurem Kali, durch welche vorherrschend rothe, ausserdem aber gelbe und zum Theil die grünen Strahlen hindurchgingen. Die Lösungen wurden in einen äusseren Behälter gegossen und vier Versuche in rothem, vier in roth-gelb-grünem Lichte angestellt. Die von Chasanowitz,

auf 100 Gramm und 24 Stunden berechneten Kohlensäurewerthe ergaben für Rana esculenta:

Dunkel.	Rothes Licht.	Roth-gelb-grünes Licht.	Weisses Licht.
0,329	0,313	0,495	0,514,

und die Verhältnisszahlen sind:

Dunkel.	Roth.	Roth-gelb-grün.	Weiss.
100	95	150	156 [1]).

Hiernach stände bei Fröschen das rothe Licht sogar der Dunkelheit nach, während aus rothen, gelben und grünen Strahlen gemischtes Licht das weisse an Wirksamkeit beinahe erreichte. Chasanowitz selbst zweifelt, ob der Unterschied nicht vielmehr von verschiedener Helligkeit, als von der eigenthümlichen Wirkung einer bestimmten Farbe abhänge, und seine Lösung von doppelt chromsaurem Kali sei jedenfalls heller gewesen, als die Indigolösung [2]). Da aber die Lösung von doppelt chromsaurem Kali auch grüne Strahlen durchlässt, wenn auch nach unseren Beobachtungen nicht gerade viel, und die grünen Strahlen nach Béclard die rothen an Wirksamkeit bedeutend übertreffen [3]), so ist doch wohl auch die Farbenwirkung zu berücksichtigen.

Wir wenden uns jetzt zu unseren Versuchen, die bei unversehrten Fröschen, Vögeln und Säugethieren und ausserdem bei blinden Säugethieren ausgeführt sind.

2. Versuche mit Rana esculenta.

Nonumque prematur in annum.
Horatius, de arte poetica.

Als die vorläufige Mittheilung von Jules Béclard im Jahre 1858 erschien, hatte der Eine von uns, der damals den Lehrstuhl der Physiologie in Zürich bekleidete, eine grössere Anzahl von Versuchen angestellt, um die Wirkung eines mehr oder weniger einfarbigen Lichts

[1]) Vgl. Chasanowitz, a. a. O. (1872), S. 16, 20, 22, 25, 26.
[2]) Chasanowitz, a. a. O., S. 26.
[3]) Vgl. oben, S. 335.

auf das Athmen zu bestimmen. Wir wiederholen nothgedrungen den unerwünschten Ausdruck „mehr oder weniger einfarbigen Lichts", weil Moleschott's erste Versuche (1856) mit farbigen Glasbehältern bewerkstelligt wurden.

Die Frösche befanden sich nämlich in Kästchen, deren vier aufrechtstehende Wände aus blauem, gelbem oder rothem Glase bestanden, während die obere Horizontalwand eine Oeffnung hatte, deren Deckel einen Thermometer durchliess, sowie die Zu- und Ableitungsröhren für die Luft, welche die Kästchen durchströmen sollte. Der luftdichte Verschluss des Deckels ward mit dem gewöhnlichen Klebstoff von Geigenharz und gelbem Wachs erzielt. Und wie in all' unseren Versuchen trat die Luft in der Nähe des Bodens in die Kästchen ein, um sie in der Nähe des Deckels wieder zu verlassen[1]).

Es wurde täglich mit der Reihenfolge der Farben abgewechselt, aber die betreffenden Aufzeichnungen, sowie die Angaben über das Gewicht der Frösche und die unmittelbar gefundenen Werthe sind verloren gegangen. Diese letzteren beabsichtigte ich eigentlich gar nicht zu veröffentlichen, und ich würde daher gar nicht davon sprechen, wenn Pflüger nicht eine Bemerkung gemacht hätte, aus der man abnehmen muss, dass er sie für die zahlreichen Angaben in Moleschott's erster Abhandlung vermisste. Wenn nun diese Zahlen aus Ersparniss an Raum nicht veröffentlicht wurden, so können wir dafür versichern, dass die Zurückführung auf die festen Einheiten von 100 Gramm und 24 Stunden auf's Sorgfältigste berechnet worden ist. Andererseits wird man uns verzeihen, wenn wir uns sonst in dieser Abhandlung die Mittheilung der unmittelbar gefundenen Zahlen nicht versagen, ohne an Zeit- und Raumersparniss zu denken.

Es stehen uns zehn Versuchsreihen zu Gebote, die in der XVII. Tabelle zusammengestellt sind; es fehlt nur ein Versuch im blauen und einer im rothen Licht. Wir lassen hier die Mittelwerthe, auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt, folgen. Um die Lichtstärke zu messen wurden die Streifen des lichtprüfenden Papiers

[1]) Vgl. oben, S. 289.

fünf Minuten lang in farbigen Glaskästchen gehalten, deren Farbe mit dem jeweiligen Froschbehälter übereinstimmte.

Farbe.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Roth . .	I,9	23,7°	0,724	100
Gelb . .	I,8	22,9	0,749	103
Blau . .	VII,3	23,5	0,831	114.

Aus diesen Zahlen erhellt, dass im blauen Licht am meisten, im rothen am wenigsten Kohlensäure ausgeschieden ward, und dass die Wirkung des gelben Lichts der des rothen sehr nahe stand.

Für die Abstufung der Kohlensäurewerthe, welche die Frösche in rothem und blauem Licht ausschieden, stimmen wir mit Selmi und Piacentini, sowie mit Pott zusammen[1]), in Betreff des gelben Lichts könnte aber der Unterschied zwischen ihren Versuchen und dem hier mitgetheilten kaum grösser sein. Denn während die genannten Forscher für gelbes Licht den allerhöchsten Werth erhielten, fanden wir eine niedere Zahl, welche die des rothen Lichts nur wenig übertraf. Im Allgemeinen können wir sagen, dass bei Fröschen die Wirkung des gelben Lichts zwischen der des rothen und des blauen lag, jener freilich viel näher als dieser[2]).

---

[1]) Siehe oben, S. 339 und 342.

[2]) Bei Pott (a. a. O., S. 59) heisst es: „Die Versuche mit farbigem Licht sind „nicht neu; so fand Béchard, dass ein violetter und blauer Strahl am intensivsten „auf die Kohlensäureausscheidung einwirkt, grün und roth am schwächsten, gelb „und weiss sollten die Mitte halten". So berichtet Pott, ohne die Arbeit von „Béchard" anzuführen, und ohne zu sagen, bei welchem Thier oder wann diese Versuche angestellt sind. Da wir eine solche Arbeit von „Béchard" nicht kennen, während Pott die Untersuchungen Béclard's nicht erwähnt, ist uns der Zweifel aufgestiegen, dass Pott den Namen des letzteren Forschers nicht richtig geschrieben hat, und unser Zweifel ist nicht dadurch geschwächt worden, dass bei Pott aus dem Namen Piacentini ein Piacarlini und aus der gallina von Selmi und Piacentini eine gattina geworden ist. Sollte aber Pott in der That einem Béchard, den wir leider nicht kennen, zuschreiben was Béclard gehört, dann müssen wir hervorheben, dass der letzgenannte Physiologe das Ergebniss seiner Untersuchungen über die Wirkung grünen und rothen Lichts auf das Athmen der Frösche veröffentlicht hat, dagegen noch nichts über den Einfluss, den andere Lichtstrahlen ausüben. Béclard (a. a. O., III) sagt ausdrücklich: „Nos expériences n'ont

Hier nun ist der Ort, daran zu erinnern, dass das farbige Licht in fast allen bisher erwähnten Versuchen mit Hülfe von farbigen Gläsern beschafft ward, und dass unter diesen farbigen Gläsern leider nur das rothe ausschliesslich rothe Strahlen durchlässt. Das blaue Glas, welches Moleschott zu Gebot stand, liess blaue und rothe Strahlen durch, das gelbe Glas Strahlen von allen Farben.

Dies war der Hauptgrund, warum weder Moleschott damals allein[1]), noch später wir beide zusammen die Wirkung anderer farbiger Gläser geprüft haben.

Bevor wir die farbigen Gläser verlassen, die weder bei Selmi und Piacentini, noch bei Pott, ja nicht einmal bei Pflüger[2]) Anstoss erregt zu haben scheinen, wollen wir noch einmal daran erinnern, dass die wiederholt genannten Forscher, Selmi und Piacentini, Pott und Béclard das grüne Licht zur Vermehrung der Kohlensäureausscheidung viel wirksamer fanden als rothes Licht.

In Betracht des Uebelstandes, dass viele farbige Gläser, wie die Untersuchung mit dem Prisma lehrt, nichts weniger als einfarbig sind, ging Moleschott schon im Jahre 1857 darauf aus, sich Aufschluss

---

encore porté en ce sens que sur le rayon vert et sur le rayon rouge". Und aus dem oben erwähnten Briefe, den Béclard an Moleschott schrieb, geht hervor, dass er an der Fortsetzung seiner Arbeit verhindert ward.

[1]) Es ist auffallend, dass Selmi und Piacentini Moleschott die Behauptung zumuthen, „dass der grüne Strahl die Verbindung des Sauerstoffs mit der „Kohle (sic!) des venösen Bluts mächtig befördere, und dass darin der Grund zu „suchen sei, weshalb man im freien Felde so gut athme" (Selmi und Piacentini, p. 52). Es scheint sogar, dass die genannten Schriftsteller von diesem nie von Moleschott aufgestellten Satze den Ausgangspunkt für ihre Untersuchungen hergenommen haben, während Moleschott niemals mit grünem Licht Versuche angestellt. Das ist die Gefahr, der man sich aussetzt, wenn man auf Hörensagen berichtet, ohne Schrift und Seite anführen zu können. Ob vielleicht Selmi und Piacentini im Gedächtniss die Namen Béclard und Moleschott verwechselt haben? Auf jeden Fall hoffen wir, dass uns die genannten Forscher verzeihen werden, wenn wir auf die von ihnen gemachten Einwürfe nicht eingehen, da sie dieselben, wie der liebenswürdigste Held der spanischen Litteratur, gegen einen eingebildeten Satz gerichtet haben.

[2]) Pflüger, a. a. O., S. 265—267.

über die Wirkung wirklich einfarbigen Lichts zu verschaffen, oder wenn er zwei Farben zugleich einwirken lassen musste, wenigstens solche zu wählen, die einander im Spectrum nahe stehen.

Im letztgenannten Sinne erwies sich eine ammoniakalische Auflösung von schwefelsaurem Kupfer als sehr zweckdienlich. Die benützte Lösung hatte bei 20° eine Dichtigkeit von 1020, und eine 3 Cm. dicke Schicht liess nur blaue und violette Strahlen durch.

Das Ziel der Untersuchung bestand nun darin, dieses Licht, welches die chemischen Strahlen des Spectrum lieferten, mit gemischtem, weissem Licht zu vergleichen. Zu dem Ende ward der aus weissem Glase bestehende Behälter, in dem sich die Frösche befanden, in ein anderes weiteres Gefäss gestellt, das bis an seinen oberen Rand reichte und, wenn es mit der ammoniakalischen Kupferlösung gefüllt war, die Thierkammer mit einer 3 Cm. dicken Schicht der blau-violetten Lösung umgab. In den Vergleichsversuchen ward das äussere Gefäss mit Wasser gefüllt, und dies in der doppelten Absicht, eine möglichst gleiche Wärme in den Vergleichsversuchen zu erzielen und das Licht während des Versuchs im weissen Licht zu mässigen, da natürlich auch das die blau-violette Schicht durchsetzende Licht geschwächt in den Behälter drang.

In fünf der neun Reihen, welche die Tabelle XVIII enthält, ward der erste Versuch in blauem Licht angestellt, was durch ein kleines b hinter der Tagesangabe bedeutet wird, in den übrigen vier ging der Versuch im weissen Licht voran, was ein kleines w andeutet, ohne dass diese Abwechslung in der Reihenfolge eine erhebliche Veränderung in dem Ergebniss bewirkt hätte.

Die Mittelwerthe aus den Vergleichsversuchen in weissem und in blau-violettem Licht, immer auf dieselben Gewichts- und Zeiteinheiten zurückgeführt, folgen hier:

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
weiss . .	II	25,6°	0,904	100
blau-violett	I,1	25,4°	0,931	103.

Aus diesen Zahlen entnimmt man, dass das blau-violette Licht

auf die Ausscheidung der Kohlensäure ebenso wirksam war wie das weisse, oder dieses nur wenig an Wirksamkeit übertraf.

Man könnte die kleine Ueberlegenheit allenfalls betonen, weil die mittlere Lichtstärke in dem blau-violetten Licht derjenigen im weissen oder gemischten nachstand. Die Lichtprobe ward immer mit Hülfe des mit ammoniakalischer Chlorsilberlösung getränkten Papierstreifens genommen, aber in diesen, wie in allen ähnlichen Versuchen, hing der Streifen an einem Kork in einem durch diesen wohl verschlossenen Proberöhrchen, welches selbst durch einen grossen Kork hindurchging, der einen kleinen Glascylinder von solchem Durchmesser schloss, dass wenn dieser Glascylinder mit der betreffenden Flüssigkeit (ammoniakalischer Kupferlösung, Wasser u. s. w.) gefüllt war, die das Proberöhrchen umgebende Schicht ebenso mächtig war (hier 3 Cm.), wie diejenige, die während des betreffenden Versuchs um den Thierbehälter angebracht war. Es ward also wirklich die in diesem vorhandene Lichtstärke gemessen.

Nach dem Maassstab der in der Tabelle XVIII verzeichneten Versuche konnten wir das blau-violette Licht mit dem weissen vergleichen. In zweiter Linie empfahl sich der Vergleich zwischen rothem Licht und Dunkelheit. Die in Tabelle XIX zusammengestellten Zahlen führen zu nachstehenden Mittelwerthen:

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel . .	—	30,4°	1,039	100
Rothes Licht.	I,5	30,4	1,104	100,5.

Hiernach wird also durch rothes Licht das Athmen der Frösche nicht angeregt, da die ausgeschiedene Kohlensäure für rothes Licht und Dunkel im Durchschnitt keinen Unterschied zeigt.

Wir haben zu erinnern, dass die Reihenfolge der Versuche im rothen Licht und im Dunkeln regelmässig umgekehrt ward, so dass sie am ersten Tag im rothen Licht, am zweiten in der Dunkelheit begann, u. s. w., wie es die Buchstaben r, d bezeichnen, welche den Monatstag begleiten.

Das rothe Licht ward in diesen Versuchen durch rothes Glas

gewonnen, da dieses, mit dem Prisma geprüft, kein anderes Licht durchliess.

Alle unmittelbar mit einander verglichenen Versuche derselben Reihe sind an denselben Fröschen erhalten, nicht aber die sämmtlichen verschiedenen Reihen. Einige der im blau-violetten, sowie im weissen Licht angestellten Versuche wurden an Weibchen gemacht, dagegen alle die im rothen Licht und im Dunkeln ausgeführten Versuche an Männchen von Rana esculenta. Da Versuche von Moleschott und Schelske erwiesen haben, dass Froschweibchen unter sonst gleichen Umständen weniger Kohlensäure ausscheiden als Männchen[1]), so erklärt sich durch diesen Umstand, sowie durch die hohe Wärme, bei der die Versuche angestellt wurden (27,3° — 33,3°, durchschnittlich 30,4°), dass im Dunkeln und im rothen Licht sehr hohe Kohlensäurewerthe erhalten wurden. Es versteht sich hiernach, dass diese Versuche nicht unmittelbar mit den in blau-violettem oder gemischtem Licht angestellten verglichen werden dürfen, da es sich um verschiedene Einzelthiere von verschiedenem Geschlecht und um sehr verschiedene Wärmegrade handelt. Zwischen Weibchen und Männchen fanden Moleschott und Schelske für die ausgehauchte Kohlensäure das Verhältniss 100 : 128, Moleschott allein hatte früher 100 : 119 gefunden[2]).

Nach den Versuchen, die in Tabelle XVII zusammengestellt sind, verhalten sich die Kohlensäurewerthe

	für rothes Licht	und	blau-violettes Licht	
	wie 100	:	114;	
nach Tabelle XVIII	für weisses Licht	und	blau-violettes Licht	
	wie 100	:	103;	
und nach Tabelle XIX	für Dunkel	und	rothes Licht	
	wie 100	:	100,5.	

Wenn wir diese Verhältnisse, die an Werth dadurch gewinnen, dass für die unmittelbar mit einander verglichenen Reihen nahezu gleiche

---

[1]) Diese Untersuchungen, Bd. I (1857), S. 4, 5, 14.

[2]) Müller's Archiv, Jahrgang 1853, S. 65.

Wärme herrschte, untereinander verketten, dann erhalten wir für die von Fröschen ausgehauchte Kohlensäure folgende Verhältnisszahlen:

im Dunkeln.		im rothen Licht.		im blau-violetten Licht.		im weissen Licht.
100	:	100,5	:	115	:	112.

Und wenn wir diese Zahlen in Worte übersetzen, müssen wir uns dahin aussprechen, dass während rothes Licht die von Fröschen ausgeschiedene Kohlensäure nicht merklich vermehrt, der Einfluss des blau-violetten mit dem des weissen Lichts wetteifert. Der geringen Wirkung des gelben Lichts eingedenk, das in den allerdings mit farbigen Gläsern angestellten Versuchen die Wirkung des rothen Lichts nicht mehr übertraf, als die Wirkung des blau-violetten die des gemischten weissen Lichts, hatte sich Moleschott seit 1857 die Ueberzeugung gebildet, dass die Kohlensäure mehrende Wirkung des Lichts, wenigstens für die Frösche, hauptsächlich den chemischen Strahlen des Spectrum zuzuschreiben sei.

Die betreffenden Versuche sind länger als zwanzig Jahre in der Mappe geblieben, weil Moleschott sie vervielfältigen wollte, bevor er ein so wichtiges Ergebniss veröffentlichte. Dieser Vervielfältigung der Versuche haben wir uns in den Jahren 1876—1878 gemeinsam unterzogen, durch die Untersuchungen Béclard's, Selmi's und Piacentini's und zuletzt Pott's, über die wir oben berichtet haben, dringend dazu aufgefordert.

Bevor wir aber von diesen Versuchen berichten, müssen wir hervorheben, dass in Betreff der Unwirksamkeit des rothen Lichts auf das Athmen der Frösche die Versuche Moleschott's mit denen von Chasanowitz übereinstimmen, ja letzterer erhielt, wie wir oben gesehen haben[1]), im rothen Licht sogar weniger Kohlensäure als im Dunkeln. Wie dort angegeben, erhielt Chasanowitz in Licht, das aus gelben Strahlen mit vielem Roth und wenig Grün gemischt war, sehr viel mehr Kohlensäure als im rothen, ja beinahe soviel wie im weissen Licht. Insofern dieser Unterschied nicht durch die grössere Helligkeit der Lösung, sondern durch ihre Farbe bedingt war, schreiben

[1]) Siehe S. 342, 343.

wir ihn den beigemengten grünen Strahlen zu, da diese nach Béclard die ausgeschiedene Kohlensäure bei Fröschen mächtig vermehren, während dies durch die gelben Strahlen nach Moleschott's Versuchen nur in unerheblichem Grade geschieht.

3. Versuche an Vögeln.

Wir hätten eigentlich gewünscht, die Methode der farbigen Lösungen, zu der Moleschott schon im Jahre 1857 seine Zuflucht nahm, wenn auch nicht auf alle Hauptfarben des Spectrum, wenigstens auf die beiden äussersten und auf eine Mittelfarbe anzuwenden.

Als Vertreter der chemischen Strahlen fanden wir nichts Besseres als die mit Ammoniak versetzte Auflösung von schwefelsaurem Kupfer, die schon bei den Fröschen Verwendung fand.

Das rothe Licht lieferte uns eine gesättigte Auflösung von Karmin in einer 5% Lösung phosphorsauren Natrons, die mit etwas Ammoniak versetzt war. Eine Schicht von 2,7 Cm. Dicke liess nur rothe Strahlen durch.

Es ist uns aber leider bisher nicht gelungen eine andere Flüssigkeit ausfindig zu machen, die nur einfarbiges Licht durchliesse, so viele Versuche wir auch zu dem Behufe angestellt. Aus diesem Grunde haben wir zu unserem lebhaften Bedauern weder mit grünem, noch mit gelbem Licht arbeiten können, während uns so viel daran gelegen hätte mit einfarbigem, gelbem oder grünem Licht bei verschiedenen Thieren zahlreiche Versuche vorzunehmen. Wir geben aber die Hoffnung nicht auf, dass es uns dereinst vergönnt sein möge, diese Lücke auf die eine oder andere Art auszufüllen.

Wenn die Thiere den Einfluss weissen Lichts erleiden sollten, war der Behälter mit einem Wassermantel von 2,7 Cm. umgeben, d. h von einer Wasserschicht, die ebenso dick war wie die Schicht der blau-violetten oder der rothen Flüssigkeit in den betreffenden Versuchen. Die Dunkelheit ward mittelst eines grauen Pappdeckels beschafft, der

das äussere Gefäss umgab, in welchem das Wasser blieb, welches beim Versuch in weissem oder gemischtem Licht gedient hatte oder dienen sollte.

Die verschiedenen Flüssigkeiten wurden in demselben Zimmer aufbewahrt, in welchem die Versuche angestellt wurden, damit sie möglichst gleich warm erhalten würden.

Derselbe Cylinder, der den Thieren als Athemkammer diente, ruhte mit seinem vorspringenden oberen Rand auf dem des äusseren Glasbehälters, der die Flüssigkeit aufnahm. Dieser letztere und ebenso die Natron-Kalk- und Kali-Röhren[1]) standen gegen Ende je eines Versuchs bereit, und da die Athemkammer auf einem kleinen Tischchen stand, das man höher und niedriger stellen konnte, so war es leicht mit Handleistung eines dritten Gehülfen den Mantel um den Thierbehälter zu wechseln, während frisch gewogene Röhrchen an die Stelle der neu zu wägenden gebracht wurden.

Mit Hülfe von Schall's Farbenleiter ward immer die Lichtstärke gemessen, indem das lichtprüfende Papier in einem Proberöhrchen gehalten wurde, das von einer 2,7 Cm. dicken Schicht der betreffenden Flüssigkeit umgeben war.

Es wäre im höchsten Grade wünschenswerth gewesen, immer bei der gleichen Lichtstärke arbeiten zu können, mochte nun der Thierbehälter von gewöhnlichem Wasser, von der Kupfer- oder Karminlösung umgeben sein. Wir haben es nicht erreicht. Es liess vielmehr die rothe Flüssigkeit mehr Licht durch als die blau-violette, so dass es an Wintertagen vorkam, dass das Vögelchen mit Leichtigkeit durch den rothen Mantel hindurch gesehen ward, während man es nur mühsam durch den blauen hindurch erkannte. Es lag der Gedanke sehr nahe, die ammoniakalische Lösung des schwefelsauren Kupfers zu verdünnen, dieses Auskunftsmittel war aber nicht annehmbar, denn wenn die Kupferlösung nicht sehr nahezu gesättigt war, dann liess eine Schicht von 2,7 Cm. auch grüne Strahlen durch, die wir sehr

[1]) Siehe oben S. 286, 287.

gerne allein erwischt hätten, aber durchaus nicht mit den blauen und violetten gemischt verwenden wollten.

Es muss aber besonders betont werden, und die Durchsicht der Tabellen weist es nach, dass obwohl die rothe Flüssigkeit durchsichtiger war als die blaue, dennoch das rothe Licht eine geringere chemische Wirkung auf das Chlorsilberpapier hervorbrachte als das blauviolette.

Die Versuche an den Vögeln wurden mit einem Sperling, dessen Flügel unversehrt waren, und mit einem Kanarienvogel mit gestutzten Flügeln ausgeführt. Der Sperling war derselbe als A bezeichnete, der zu den auf S. 307 und ff. beschriebenen Versuchen gedient hat, und er wurde auf dieselbe Weise ernährt.

Der Kanarienvogel wog durchschnittlich 13,4 Gramm. Die Versuche fanden statt zwischen dem 3. November 1877 und dem 3. Januar 1878. Das Vögelchen konnte nach Belieben von seinem gewohnten Hirsesamen, Panicum miliaceum L., fressen und Wasser zu sich nehmen. Es erhielt sich gut dabei; am 3. November wog es 14,2, am 3. Januar 13,7.

Wie aus der Tabelle XXa erhellt, wurde die Reihenfolge der Versuche jedes Mal geändert. Drei Reihen derselben enthalten alle vier die fraglichen Beobachtungen, im Dunkeln, im weissen, rothen und blau-violetten Licht, drei je drei derselben, eine einzige deren zwei.

Tabelle XXb giebt die Mittelwerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet, und indem wir sie hier folgen lassen, fügen wir auch die Verhältnisszahlen für die Kohlensäure hinzu.

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel	—	12,4°	27,072	100
Rothes Licht . . .	I	12,6	28,088	104
Blau-violettes Licht	I,7	12,5	29,136	108
Weisses Licht . .	II,5	12,9	32,558	120.

Eine jede dieser Zahlen ist das Mittel aus 6 Beobachtungen oder Versuchen, mit Ausnahme derer für das rothe Licht, für welches wir deren nur 5 haben.

Aus diesen Versuchen ersieht man, dass das rothe Licht, im Vergleich zur Dunkelheit, eine kleine Vermehrung der Kohlensäure bewirkt, ebenso das blau-violette im Vergleich zum rothen. Aber das blau-violette Licht blieb an Wirksamkeit bedeutend hinter dem weissen zurück.

Viel kräftiger, aber in demselben Sinne aufsteigend, waren die Erfolge beim Sperling A. Die Versuche wurden auch im Winter gemacht, während das Gewicht des Sperlings, der immer mit derselben Nahrung im Ueberfluss versorgt war, zwischen 26 und 28,6 Gramm schwankte.

In jeder vergleichenden Reihe sind alle vier Beleuchtungsweisen vertreten, so dass jede Zahl das Mittel aus je vier Beobachtungen ist, deren Reihenfolge aus Tabelle XXIa zu ersehen.

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel	—	11,6°	16,692	100
Rothes Licht. . .	I,2	12,4	25,394	152
Blau-violettes Licht	II,7	12,7	28,556	171
Weisses Licht . .	II,5	11,8	27,561	165.

Das rothe Licht hat bei diesem Sperling noch mächtiger gewirkt als in den Versuchen von Selmi und Piacentini bei der Turteltaube und Henne, oder in denen von Pott bei der Hausmaus, während die Vermehrung der Kohlensäure, die wir im blau-violetten Licht beobachteten, die Mitte hält zwischen den Werthen, welche jene Forscher in blauem Licht erhielten[1]),

Wir wollen nun in einer kleinen Tabelle die Verhältnisswerthe für den Kanarienvogel und den Sperling und die daraus berechneten Mittel vereinigen.

	Dunkel.	Rothes Licht.	Blau-violettes Licht.	Weisses Licht.
Kanarienvogel	100	104	108	120
Sperling . .	100	152	171	165
Mittelwerthe .	100	128	139	142.

[1]) Vgl. diese Abhandlung S. 339, 342.

Und wenn wir uns an diese Mittelwerthe halten, dann finden wir:

1) dass das blau-violette Licht in seiner den Stoffwechsel anregenden Wirkung bei den Vögeln die des weissen Lichts beinahe erreicht;

2) dass das rothe Licht in dieser Hinsicht bei den Vögeln viel wirksamer ist als bei den Fröschen, so zwar, dass die Vögel im rothen Licht viel mehr Kohlensäure ausathmen als im Dunkeln, wenn auch immerhin bedeutend weniger als in blau-violettem oder weissem Licht.

4. Versuche an Säugethieren.

Um die Säugethiere mit den Vögeln zu vergleichen, stehen uns zwei Versuchsreihen zu Gebote, die an derselben Wasserratte, Mus decumanus E, gewonnen sind, die uns viele Beobachtungen zur Beantwortung der Frage geliefert hat, ob das Licht, auch nach Ausschluss der Augen, einen Einfluss auf den Stoffwechsel ausübt.

Die betreffenden Versuche, in jeder der beiden Reihen je einer im Dunkeln, im weissen, im rothen und im blau-violetten Licht, wurden im September 1877 ausgeführt, als die Wanderratte zwischen 120 und 121 Gramm wog. Die einzelnen unmittelbar gefundenen, sowie die für 100 Gramm und 24 Stunden berechneten Werthe sind in den Tabellen XXIIa und XXIIb verzeichnet, und wir schreiben hier die Mittelwerthe her:

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel	—	19,7°	4,941	100
Rothes Licht . . .	II	21,5	5,479	111
Blau-violettes Licht	II,5	21,0	6,906	140
Weisses Licht . .	VI	19,8	6,756	137.

Vergleichen wir die Verhältnisswerthe mit den mittleren für die Vögel gefundenen, dann haben wir:

	Dunkel.	Rothes Licht.	Blau-violettes Licht.	Weisses Licht.
Vögel . .	100	128	139	142
Säugethiere	100	111	140	137.

Vom Dunkel bis zum blau-violetten Licht behauptet sich dieselbe aufsteigende Reihenfolge für das Säugethier, wie für die Vögel.

Für beide sehen wir ferner die im blau-violetten und die im weissen Licht gelieferten Kohlensäurewerthe einander nahe stehen. Und in diesem Punkte gleichen sich auch die Amphibien und die Warmblüter. Setzen wir nämlich die im blau-violetten Licht ausgeschiedene Kohlensäure = 100, dann ergeben sich folgende Verhältnisse:

	Blau-violettes Licht.	Weisses Licht.
Frösche . .	100	97
Vögel . . .	100	102
Wanderratte	100	98.

Und wenn wir die Amphibien von dem Vergleich ausschliessen, finden wir für Vögel und Säugethiere das mittlere Verhältniss zwischen den Kohlensäurewerthen, die im blau-violetten und weissen Licht geliefert wurden, geradezu = 100 : 100.

Obgleich unsere Vorgänger nicht unter denselben Bedingungen gearbeitet haben, wie wir selber, da sie, wie wir berichteten, farbige Gläser benutzten, während wir Lösungen anwandten, die wenn auch nicht ausschliesslich einfarbiges, doch kein ungleichartiges Licht durchliessen, wollen wir doch ihre und unsere Verhältnisszahlen hier zusammenstellen, die sich nunmehr auf acht verschiedene Thierarten beziehen.

Beleuchtung.	Amphibien.	Vögel.				Säugethiere.		
	Rana esculenta. Moleschott 1856—1857.	Turteltaube. Selmi und Piacentini 1870.	Hanne. Selmi und Piacentini 1870.	Kanarienvogel. Moleschott und Fubini 1877—1878.	Sperling. Moleschott und Fubini 1878.	Hund. Selmi und Piacentini 1870.	Maus. Pott 1875.	Wanderratte. Moleschott und Fubini 1877.
Dunkel . .	100	100	100	100	100	100	100	100
Roth . . .	100,5	129	133	104	152	112	143	111
Blau . . .	115	147	149	108	171	126	187	140
Weiss. . .	112	147	144	120	165	122	153	137

Sehen wir zunächst von den Fröschen ab, und vergleichen wir in erster Linie die Zahlen für die Säugethiere, welche von allen Forschern beobachtet wurden, während die Beleuchtung auf sie einwirkte, deren Erfolg man studiren wollte.

Wenn wir für den Hund, die Maus und die Wanderratte zusammen die Mittelwerthe berechnen, finden wir die Verhältnisse

zwischen Dunkel und Roth
100 : 122,
zwischen Dunkel und Blau
100 : 151,
zwischen Dunkel und Weiss
100 : 134,
zwischen Blau und Weiss
100 : 89.

Es bestätigt sich, dass das rothe Licht im Vergleich zum Dunkel die Kohlensäureausscheidung bei den Säugethieren schon erheblich vermehrt, wenn auch lange nicht so stark wie das blaue.

Bei einem jeden der untersuchten Thiere hat das blaue Licht stärker gewirkt als das weisse, aber der Unterschied war bei den verschiedenen Arten sehr verschieden.

	Blau.		Weiss.	
Wanderratte	100	:	98	Moleschott und Fubini
Hund . . .	100	:	97	Selmi und Piacentini
Maus . . .	100	:	82	Pott.

Zwischen dem von Selmi und Piacentini für den Hund und von uns für die Wanderratte gefundenen Verhältniss ist die Uebereinstimmung sehr nahe, und es ergiebt sich aus beiden, dass zwischen der Wirksamkeit des blauen und des weissen Lichts kein grosser Unterschied bestand. Dagegen fand Pott das blaue Licht bei der Maus ausserordentlich viel wirksamer als das gemischte weisse.

Aber es ist schwer, um nicht zu sagen unstatthaft, diese Vergleiche weiter zu führen. Da Selmi und Piacentini sowie Pott mit farbigen Gläsern arbeiteten, so musste ihrem „blauen“ Licht viel rothes

beigemischt sein, während unsere Kupferlösung ausser blauen auch violette Strahlen durchtreten liess. Wenn man sich der niedrigen Zahlen erinnert, die sowohl Selmi und Piacentini als Pott im violetten Licht erhielten, so hätte man erwarten können, dass die von uns im blau-violetten Licht erhaltene Zahl durch die violetten Strahlen herabgedrückt gewesen wäre, und statt dessen hielt sie die Mitte zwischen denen der erwähnten Forscher[1]). Die Sache wird aber weniger auffallend, wenn man bedenkt, wie viel rothes Licht neben den blauen Strahlen durch violette Gläser dringt, so dass wir für die von unseren Vorgängern im violetten Licht erhaltenen Werthe eine Nachuntersuchung in rein violettem Licht verlangen dürfen.

Für die Vögel, bei welchen Pott keine Versuche im Licht angestellt hat, unternehmen wir den Vergleich noch weniger gern, da wir den Kanarienvogel und den Sperling untersuchten, während sie den Einfluss des farbigen Lichts erlitten, Selmi und Piacentini dagegen die Turteltaube und die Henne sogleich nachdem sie ihn erlitten hatten[2]). Sehen wir uns dennoch ihre Zahlen an.

Die Verhältnisse zwischen den im Dunkeln und irgend einer bestimmten Beleuchtung gelieferten Kohlensäurewerthen waren folgende:

zwischen Dunkel und Roth:

100	:	131	Selmi und Piacentini,
100	:	128	Moleschott und Fubini;

zwischen Dunkel und Blau:

100	:	148	Selmi und Piacentini,
100	:	139	Moleschott und Fubini;

zwischen Dunkel und Weiss:

100	:	146	Selmi und Piacentini,
100	:	142	Moleschott und Fubini;

zwischen Blau und Weiss:

100	:	99	Selmi und Piacentini,
100	:	102	Moleschott und Fubini.

[1]) Vgl. die Uebersicht auf S. 356.

[2]) Vgl. diese Abhandlung S. 336.

Wir wollen nicht auf die Kritik zurückkommen, die uns ein aufmerksames Studium der schwierigen und wichtigen Aufgabe gegenüber den Arbeiten von Selmi-Piacentini und Pott auferlegte. Wir konnten ihnen keine bessere Rücksicht erweisen, als die einer sorgfältigen Vergleichung ihrer Zahlen und der unsrigen, die eine überraschende Uebereinstimmung ergiebt.

Wir glauben nicht irre zu gehen, wenn wir, gestützt auf unsere Erfahrungen, behaupten, dass das blau-violette und das weisse Licht einander nahe stehen in ihrer Wirksamkeit zur Vermehrung der Kohlensäure-Ausscheidung. Dies erhellt am besten, wenn wir aus all' unseren Zahlen bei verschiedenen Thieren, mit Inbegriff des Frosches, das Mittel nehmen:

	Blau-violettes Licht.		Weisses Licht.
Frosch . . .	100	:	97
Kanarienvogel	100	:	111
Sperling . .	100	:	94
Wanderratte .	100	:	98
Mittelwerthe	100	:	100.

Eben dieser Mittelwerth (100 : 100) ward von Selmi und Piacentini bei der Turteltaube erhalten.

Nehmen wir nun den Mittelwerth von sämmtlichen Beobachtungen:

	Blau.		Weiss.	
Frosch . . .	100	:	97	Moleschott
Turteltaube .	100	:	100	Selmi und Piacentini
Henne . . .	100	:	97	„ „ „
Kanarienvogel	100	:	111	Moleschott und Fubini
Sperling . .	100	:	94	„ „ „
Hund . . .	100	:	97	Selmi und Piacentini
Maus . . .	100	:	82	Pott
Wanderratte .	100	:	98	Moleschott und Fubini.
Mittelwerth	100	:	97.	

Dem hohen Kohlensäurewerth, der im blauen Licht von Pott bei

der Maus und von uns beim Sperling gefunden ward, steht der verhältnissmässig niedrige Werth gegenüber, den wir beim Kanarienvogel erhielten. Im Ganzen genommen bekunden die Zahlen immerhin eine Neigung des blauen Lichts, die Ausscheidung der Kohlensäure etwas stärker zu vermehren als das weisse.

Die im rothen Licht erhaltenen Zahlen lassen sich besser mit einander vergleichen, weil auch das im Handel vorkommende rothe Glas, wie unsere Karminlösung, keine anderen Strahlen durchlässt als die rothen. Es genügt also hier hervorzuheben, dass bei den Warmblütern das rothe Licht im Vergleich zur Dunkelheit immer eine Vermehrung der Kohlensäure bewirkt, aber doch immer in erheblich geringerem Grade als das blau-violette, das blaue oder das gemischte weisse.

Wenn wir, wie billig, unsere Vergleiche auf die Warmblüter beschränken, so findet zwischen den Angaben Selmi's und Piacentini's, und auch Pott's, und unseren eignen kein Widerspruch statt. Auf den ersten Blick könnte es Verwunderung erregen, dass wir das blaue Licht nicht wirksamer gefunden als unsere Vorgänger, da in unserem Fall die blauen Strahlen von violetten begleitet waren, in dem ihrigen dagegen von rothen. Wir wissen, dass jene Forscher uns antworten werden, dass sie die violetten Strahlen wenig wirksam gefunden haben, ja sogar schwächer als die rothen. Dagegen ist nun zu bemerken, dass beinahe ohne Ausnahme in diesen unseren Untersuchungen, wie in den früheren von Moleschott, unter übrigens gleichen Umständen, die ausgeschiedene Kohlensäure stärker vermehrt ward, wenn die chemische Wirksamkeit des Lichtes sich mächtiger zeigte.

Allerdings lässt sich diese letztere Thatsache schlechterdings nicht in Einklang bringen mit den Angaben von Selmi-Piacentini und Pott, nach welchen die grünen Strahlen und namentlich die gelben die Kohlensäurebildung viel stärker vermehren sollen als die blauen Strahlen oder das gemischte weisse Licht. So lange aber diese Versuche nicht mit wirklich einfarbigem Licht wiederholt sind, wenn es möglich wäre mit einem hinlänglich zerstreuenden Prisma unter Zuziehung eines Heliostaten, müssen wir die Frage als eine offene betrachten.

5. Versuche an blinden Säugethieren.

Nachdem wir bewiesen hatten, dass das gemischte weisse Licht auch noch bei augenlosen Thieren die Ausscheidung der Kohlensäure vermehrt, wenn auch in erheblich geringerem Grade als bei sehenden, konnten wir uns der Aufgabe nicht entziehen, zu untersuchen, ob auch farbiges Licht bei blinden Thieren die Athmung noch anregt.

Unsere Untersuchungen wurden zum Theil an derselben Wanderratte angestellt, die schon mehrfach zu unseren Studien gedient hatte, zum Theil an einer kleinen Hausmaus, Mus musculus, die in unseren Tagebüchern mit dem Buchstaben C bezeichnet ist.

Da die Wanderratte, Mus decumanus E, auch im unversehrten Zustande zu Versuchen in farbigem Licht benutzt ward, so bietet sich hier die Gelegenheit, die Wirkungen des farbigen Lichts vor und nach dem Verlust der Augen unmittelbar miteinander zu vergleichen.

Die betreffenden Versuche an der blinden Wanderratte wurden zwischen dem 11. und 19. October 1877, 12 bis 20 Tage nach der Blendung mit dem Glüheisen und Aetzkali, angestellt. Das Thier wog in jener Zeit durchschnittlich 133 Gramm, befand sich aber so wohl und wusste mit Hülfe des Geruchs- und Tastsinns Speise und Trank so geschickt zu finden, dass es in dem bezeichneten Zeitraum entschieden an Gewicht zunahm.

Im Dunkeln wurden sechs, im weissen Licht sieben, im rothen und im blau-violetten Licht je acht Versuche angestellt, die mit den betreffenden Angaben des Gewichts, des Licht- und Wärmegrades in den Tabellen XXIIIa und XXIIIb verzeichnet sind. Hier folgen die Mittelwerthe.

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel .	—	17,3°	5,204	100
Roth . .	I,2	16,6	5,939	114
Blau-violett	I,6	16,6	6,063	116
Weiss . .	IV,3	16,0	5,678	109.

Vergleichen wir hiermit die mittleren Kohlensäurewerthe beim unversehrten Thier, indem wir die für 100 Gramm und 24 Stunden berechneten Zahlen und auch die Verhältnisszahlen untereinander schreiben.

Wanderratte.	Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
Unversehrt	4,941	5,479	6,906	6,756
Blind . .	5,204	5,939	6,063	5,678
Unversehrt	100	111	140	137
Blind . .	100	114	116	109.

Es erhellt aus diesen Mittelwerthen, dass die blinde Wanderratte im Dunkeln, wie im rothen Licht, mehr Kohlensäure lieferte als die sehende, bedeutend weniger dagegen im blau-violetten und im weissen Licht.

Da die Wärme für jede Beleuchtungsweise bei den Versuchen mit dem blinden Thier geringer war als die, bei der das unversehrte untersucht wurde, so lässt sich der Unterschied in den Kohlensäurewerthen nicht etwa durch die verschiedenen Wärmegrade erklären. Während der Versuche mit dem unversehrten Thier übertraf die Wärme diejenige, bei welcher das blinde untersucht ward:

	im Dunkeln.	im rothen Licht.	im blau-violetten Licht.	im weissen Licht.
um	+ 2,4°	+ 4,9°	+ 4,4°	+ 3,8°.

Wenn es sich um den Einfluss der Wärme gehandelt hätte, dann würde das unversehrte Thier im weissen Licht weniger begünstigt gewesen sein als im Dunkeln und im rothen Licht etwa eben so sehr wie im blau-violetten.

Die Verhältnisszahlen zeigen, dass im Vergleich zur Dunkelheit das rothe Licht bei der blinden Wanderratte etwas wirksamer war als bei der sehenden, dagegen bei der sehenden das blau-violette bedeutend wirksamer als bei der blinden.

Bei der blinden Wanderratte endlich war das weisse Licht weniger wirksam als das rothe und das blau-violette.

Es darf nicht vergessen werden, dass die Versuche im weissen Licht in dieser Reihe mit einem Wassermantel um den Thierbehälter

ausgeführt sind, also bei abgeschwächtem Licht, durchschnittlich bei dem Lichtgrad IV,3. Daher wird der Vergleich mit den Versuchen, die in Tabelle VII b verzeichnet sind, besonders lehrreich, da sie gleichfalls mit der blinden Wanderratte angestellt wurden, aber ohne Wassermantel um die Athemkammer, bei einem viel höheren Lichtgrad, der durchschnittlich X war. Wir stellen hier die Mittelwerthe zusammen:

Blinde Wanderratte.

	Dunkel.		Weisses Licht.		
	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
mit dem Wassermantel	17,3°	5,204	IV,3	16,0°	5,678
ohne Wassermantel	„ 18,1°	5,247	X	17,7	6,018.

Und die Verhältnisszahlen für die Kohlensäure sind:

	im Dunkeln.		im Licht.
für den Lichtgrad IV,3	100	:	109
„ „ „ X	100	:	115.

Da die hier verglichenen Werthe bei naheliegenden Wärmegraden erhalten wurden, und der Unterschied, der zwischen denselben besteht, dem höheren Lichtgrad entgegen wirkte, so glauben wir einen grossen Werth darauf legen zu dürfen, dass hier die Kohlensäurewerthe so deutlich mit der chemischen Lichtstärke wuchsen.

Mit der Maus haben wir die Versuche in grösserer Abwechslung vorgenommen.

Sie ward am 18. August 1877 mit dem Glüheisen und nachheriger Anwendung von Aetzkali geblendet. Die Versuche fielen zwischen den 20. August und den 15. September. Das Thierchen wog in jener Zeit im Durchschnitt 8 Gramm, anfangs (20. August) 6,3, zuletzt (15. September) 9,6. Es befand sich also in guten Verhältnissen.

Bei den Untersuchungen an dieser Maus haben wir danach gestrebt, gewissermassen den specifischen Einfluss verschiedener Beleuchtungsweisen zu prüfen, indem wir nacheinander die Wirkungen des rothen, violett-blauen und weissen Lichts mit der Dunkelheit verglichen; überdies haben wir einen Vergleich angestellt zwischen dem weissen Licht

und dem blau-violetten, sowie zwischen diesem letzteren und dem rothen.

In den Tabellen XXIV a—e sind die unmittelbar gefundenen Werthe gesammelt, die Tabellen XXIV a'—e' enthalten die auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführten Kohlensäurewerthe.

Hier folgen die Mittelwerthe der paarigen Reihen:

Dunkel und rothes Licht[1]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel .	—	26,4°	24,024	100
Roth . .	I,5	26,4	23,308	97.

Dunkel und blau-violettes Licht[2]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel .	—	24,6°	24,764	100
Blau-violett	I	24,8	29,253	118.

Dunkel und weisses Licht[3]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Dunkel .	—	29,1°	24,072	100
Weiss . .	VIII	29,0	27,299	113.

Blau-violettes und weisses Licht[4]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Blau-violett	I,6	26,1°	27,297	100
Weiss . .	III,7	25,9	29,595	108.

Rothes und blau-violettes Licht[5]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
Roth . .	I,2	25,1°	27,389	100
Blau-violett	I,7	24,7	26,316	96.

[1]) Siehe Tabelle XXIV c'.
[2]) Tabelle XXIV d'.
[3]) Tabelle XXIV a'.
[4]) Tabelle XXIV b'.
[5]) Tabelle XXIV e'.

Wenn wir aus diesen paarigen Reihen Schlüsse lesen, dann ersehen wir, dass bei der blinden Maus das rothe Licht, mit der Dunkelheit verglichen, keine Wirkung bethätigte, da der Kohlensäurewerth im rothen Licht noch kleiner war als der im Dunkeln, obwohl die Wärmegrade gleich waren.

Stark war der specifische (mit der Dunkelheit verglichene) Einfluss des blau-violetten Lichts, da er den des weissen Lichts noch übertraf. Dagegen überbot dieses das blau-violette Licht, als sie unmittelbar und an demselben Tage miteinander verglichen wurden, so dass man das Mittel aus beiden Verhältnissen nehmen muss, um das wahre Verhalten zu bestimmen.

	Blau-violett.		Weiss.
Unmittelbar miteinander verglichen	100	:	108
Mittelbar „ „	118	:	113
Mittleres Verhältniss	109	:	110
oder	100	:	102.

Während, mit dem Dunkel verglichen, das blau-violette Licht hoch über dem rothen stand, kehrte sich auch hier die Ordnung um, als die beiden Farben unmittelbar am selben Tage miteinander verglichen wurden. Wir wollen also auch hier den Mittelwerth berechnen.

	Roth.		Blau-violett.
Unmittelbar verglichen	100	:	96
Mittelbar „	97	:	118
Mittleres Verhältniss	98,5	:	107
oder	100	:	109.

Berücksichtigt man sämmtliche Beobachtungen, dann findet man, dass die blinde Maus im rothen Licht mehr Kohlensäure hervorbrachte als in der Dunkelheit, im blau-violetten mehr als im rothen, und im weissen noch etwas mehr als im blau-violetten.

Schliesslich ist es lehrreich, die sämmtlichen Beobachtungen an der blinden Maus, nach der Beleuchtungsweise geordnet, zusammenzustellen. Es sind deren 9 im Dunkeln, 8 im rothen Licht, 10 im

blau-violetten, 7 im weissen[1]). Die Mittelwerthe, die sich aus dieser Zusammenstellung ergeben, sind folgende:

Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
24,204	25,349	27,296	28,611
100	105	113	118.

Die Wirkung des weissen Lichts war verhältnissmässig stark. An der Maus, die diese Zahlen geliefert hat, sind keine Versuche angestellt worden, als sie noch unversehrt war, aber an drei anderen Mäusen, A, B und D, die die Blendung nicht überlebten, erhielten wir im unversehrten Zustande folgende Verhältnisse[2]):

Unversehrte Mäuse.	Dunkel.		Licht.
A	100	:	130
B	100	:	112
D	100	:	125
Mittel	100	.	122.

Im Vergleich zu diesem mittleren Verhältniss, bekundet das an der blinden Maus gefundene (100 : 118) eine mächtige Wirkung des weissen Lichts noch nach der Blendung.

Allerdings war der Einfluss des weissen Lichts auf die blinde Maus auch stark im Vergleich zu dem, den die augenlose Wanderratte davon erlitt, so dass es der Mühe lohnt, die Verhältnisszahlen für die beiden Thiere nebeneinander zu stellen und das Mittel daraus zu berechnen.

	Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
Blinde Wanderratte	100	114	116	109
Blinde Maus . . .	100	105	113	118
Mittelwerthe	100	109	114	113.

In Worten bedeuten diese Zahlen, dass auch bei blinden Säugethieren nicht nur das weisse Licht, sondern auch farbiges die Ausscheidung der Kohlensäure vermehrt; dass weisses und blau-violettes Licht, die durchschnittlich beinahe gleich wirksam sind, bei den blinden

[1]) Siehe Tabelle XXVIf.

[2]) Siehe die Tabellen XXV, XXVI, XXVII.

Thieren viel weniger kräftig einwirken als bei unversehrten; dass das rothe Licht bei der blinden Wanderratte etwas wirksamer war als bei der unversehrten, bedeutend weniger wirksam dagegen bei unsrer blinden Maus, als bei der unversehrten Maus von Pott.

Tabelle XXVIII giebt eine Uebersicht aller Verhältnisszahlen für die auf gleiche Gewichts- und Zeiteinheit zurückgeführten Kohlensäurewerthe bei den von uns untersuchten sehenden und blinden Thieren, um den Einfluss des rothen, blau-violetten und weissen Lichts mit der Kohlensäurebildung im Dunkeln zu vergleichen. Hier stellen wir nur die Mittelwerthe für die warmblütigen Thiere, im unversehrten und blinden Zustand, zusammen.

	Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
Sehende Vögel . .	100	128	139	142
Sehende Säugethiere	100	111	140	137
Blinde Säugethiere .	100	109	114	113.

Wenn man vom rothen Licht absieht, das bei den Fröschen keine Vermehrung der Kohlensäure bewirkte, so haben die blinden Säugethiere Mittelwerthe geliefert, die denen der unversehrten Frösche nahe stehen, wie folgende Zusammenstellung zeigt.

	Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
Unversehrte Frösche	100	100,5	115	112
Blinde Säugethiere .	100	109	114	113.

Ueberhaupt muss hier hervorgehoben werden, dass sich die Frösche von den Vögeln und Säugethieren darin unterscheiden, dass das rothe Licht ihre Kohlensäureausscheidung nicht steigert. Von vornherein hätte man das nicht erwarten können, da nach einer Bemerkung du Bois-Reymond's die rothe Farbe die Frösche aufregt [1]), was gelegentlich, nicht immer, auch von Einem von uns Beiden beobachtet wurde. Um so willkommener ist es, dass Chasanowitz mit uns die gleiche Erfahrung gemacht hat, ja sogar im rothen Licht von Fröschen weniger Kohlensäure erhielt als im Dunkeln [2]). Da uns zwei von Moleschott besorgte Versuchsreihen zu Gebote stehen,

[1]) Vgl. diese Untersuchungen, Bd. V, S. 124.

[2]) Siehe oben, S. 342, 343.

in denen beiden die im rothen Licht gefundene Kohlensäure den niedrigsten Platz einnimmt[1]), so ist an der Unwirksamkeit des Roth in Beziehung auf die Kohlensäureausscheidung der Frösche nicht füglich zu zweifeln, wenn auch die Abweichung von den warmblütigen Thieren, selbst von den blinden Säugethieren, etwas Ueberraschendes hat.

6. Einfluss der chemischen Lichtstärke auf die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure.

Nunmehr erübrigt uns zu prüfen, ob auch die mit mehr oder weniger einfarbigem Licht angestellten Untersuchungen einen im Verhältniss zur chemischen Lichtstärke steigenden Einfluss des Lichts auf die Kohlensäureausscheidung bestätigen.

Zu dem Ende haben wir für jede Reihe, die aus einer genügenden Anzahl von Beobachtungen besteht, die betreffenden Werthe in zwei Gruppen gesondert, deren eine den niederen, die andere den höheren Lichtgraden entspricht.

Bisweilen enthalten die beiden Gruppen eine sehr ungleiche Anzahl von Erfahrungen, wenn es nämlich der Zufall so fügte, dass in der Reihe ein bestimmter Lichtgrad vorgeherrscht hat.

In anderen Fällen haben wir, um eine genügende Anzahl von Beobachtungen vergleichen zu können, uns damit geholfen, dass wir die in weissem und die in blau-violettem Licht angestellten Versuche vereinigten, unter der Bedingung, dass die Mittelwerthe für diese beiden Beleuchtungsweisen einander ziemlich nahe standen, wie für die Frösche (Tabelle XVIII), den Sperling (Tabelle XXIb), die blinde Maus (Tabelle XXIVf).

Da bei der blinden Wanderratte das rothe und blau-violette Licht beinahe gleich wirksam waren (siehe Tabelle XXIII b), haben wir die für diese beiden Beleuchtungsweisen gefundenen Zahlen zusammengeordnet, um sie je nach der Lichtstärke in zwei Gruppen zu theilen.

Für den Kanarienvogel weichen die Mittelwerthe bei verschie-

---

[1]) Vgl. die Tabellen XVII und XIX.

dener Beleuchtung zu sehr von einander ab, um eine solche Paarung zu gestatten, und für Eine Beleuchtungsweise allein sind sie zu wenig zahlreich, um zu einer Regel führen zu können.

An der Hand dieser Bemerkungen ist die Zusammensetzung der Tabellen XXIX—XXXIII leicht zu verstehen, und diesen Tabellen sind die folgenden Mittelwerthe entnommen.

Rana esculenta.

Versuche mit farbigen Gläsern[1]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
blau	IV,5	23,3°	0,706	100
„	VIII	23,5	0,866	123
gelb	I	22,2	0,730	100
„	II	23,1	0,754	103
roth	I	27,6	0,960	100
„	II,4	27,1	0,900	94.

Versuche mit der Kupferlösung[2]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
weiss und blau-violett	I	24,8°	0,900	100
„ „ „	II	26,2	0,935	104.

Die bedeutendste Vermehrung der Kohlensäure entsprach der grösseren Lichtstärke des mit blauem Glase erhaltenen blauen Lichts. Viel weniger gross, aber dennoch unzweifelhaft war diejenige in blau-violettem Licht, welches die ammoniakalische Kupferlösung durchliess, als die betreffenden Zahlen mit den im weissen Licht beobachteten zusammengeordnet waren. Vielleicht rührt der geringere Unterschied in der zweiten Reihe daher, dass es sich überhaupt um niedere Lichtgrade handelte.

Noch etwas geringer als im letzterwähnten Falle war der Ein-

[1]) Tabellen XXIXa, XXIXb, XXIXc.

[2]) Tabelle XXX.

fluss der Lichtstärke beim gelben Licht, was der schwachen Wirkung, die gelbes Licht überhaupt bei Fröschen hervorbringt, entspricht[1]).

Beim rothen Licht, das Chasanowitz und Moleschott bei Fröschen unwirksam fanden, wird der Einfluss der grösseren Lichtstärke sogar negativ und erinnert dadurch an den Befund von Chasanowitz, nach welchem die Frösche im rothen Licht weniger Kohlensäure ausscheiden als im Dunkeln[2]).

Beim Sperling findet sich in den zwei Gruppen, in welche die Versuche mit weissem und blau-violettem Licht zerfallen, ein hübscher Unterschied zwischen den Lichtgraden und dem entsprechend ein grosser Abstand zwischen den Kohlensäuremengen, wie folgende Mittelwerthe ergeben.

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
blau-violett	I,4	11,9°	25,416	100
„	IV,5	12,7	32,464	128.

Für das rothe Licht kann man aus unsren Versuchen den Einfluss der Lichtstärke auf das Athmen der Vögel nicht entnehmen, weil der Lichtgrad mit Ausnahme Einer Beobachtung immer I gewesen ist.

Während für die unversehrten Säugethiere die Zahl der vergleichenden Versuche nicht gross genug ist, um darin den wachsenden Einfluss der steigenden Lichtstärke auf die Kohlensäureausscheidung zu erkennen, liefern dagegen die blinden Säugethiere einen willkommenen Beitrag zur Beantwortung der uns hier beschäftigenden Frage.

Blinde Wanderratte[3]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
roth oder blau-violett	I	16,1°	5,891	100
„ „ „	II,2	17,4	6,184	105
weiss	IV,3	16,0	5,678	100
„	X	17,7	6,018	106.

[1]) Vgl. oben S. 345.
[2]) Vgl. oben S. 343.
[3]) Vgl. die Tabellen XXXIIa, XXXIIb.

Blinde Maus [1]).

Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Verhältnisszahl.
weiss und blau-violett	I,4	25,5	27,049	100
„ „ „	VI,5	27,1	29,283	108.

Aus dieser Uebersicht muss man schliessen, dass unter ähnlichen Verhältnissen die grössere Lichtstärke auch einen grösseren Zuwachs in der Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure bedingt. Wenn wir nämlich, ohne irgendwie auf eine Verhältnissmässigkeit in strengerem Sinne Anspruch zu machen, in jedem der drei zuletzt genannten Fälle den niedersten Lichtgrad = 100 setzen, und dazu den höheren in dem entsprechenden Verhältniss, dann bekommen wir folgende Zahlen:

	Licht.	Kohlensäure.
für die blinde Wanderratte	100 : 220;	100 : 105,
„ „ „ „	100 : 233;	100 : 106,
„ „ „ Maus . . .	100 : 464;	100 : 108.

Beim unversehrten Sperling war die Wirkung der chemischen Strahlen viel grösser als bei den blinden Säugethieren:

	Licht.	Kohlensäure.
unversehrter Sperling	100 : 322;	100 : 128.

Die Gesammtheit der Versuche lehrt also, dass nicht nur im weissen Licht, sondern auch im roth-blauen (mit blauem Glase) und im blau-violetten (mit der Kupferlösung) mit der Lichtstärke die Menge der ausgehauchten Kohlensäure wächst, und zwar bei Fröschen, Vögeln und Säugethieren. Und da die Versuche, welche die Säugethiere betreffen, im blinden Zustand vorgenommen wurden, so ist der Satz auch auf augenlose Thiere anzuwenden, nur dass bei diesen die Wirkung, wie die des Lichts überhaupt, geringer war als bei sehenden Thieren.

Da bei den Fröschen das rothe Licht die Kohlensäure überhaupt nicht vermehrt, so kann es uns nicht wundern, dass hier auch die verschiedene Lichtstärke der rothen Strahlen keinen Unterschied her-

[1]) Tabelle XXXIII.

vorbrachte. Für die Vögel und Säugethiere kann man nicht geradezu das Gleiche behaupten, aber unsre Versuche sind in dieser Richtung nicht zahlreich genug, um das Ergebniss ganz klar und sicher festzustellen. Es liegen in unsren Versuchen zu wenig Fälle vor, in welchen das rothe Licht den Grad I übertraf, um eine befriedigende Vergleichung anzustellen. Wenn man für die blinde Wanderratte die Kohlensäurewerthe, die im rothen Licht erhalten wurden, mit den im blau-violetten gefundenen zusammenordnet, so könnte man glauben, dass die grössere Wirksamkeit der grösseren Lichtstärke nur eine andere Ausdrucksweise für die Thatsache wäre, dass die blau-violetten Strahlen die rothen an Wirksamkeit übertreffen. Dagegen ist zu berücksichtigen, dass den Lichtgraden I und II,2 das Verhältniss der Kohlensäurewerthe 100 : 105 entsprach, während dieses Verhältniss 100 : 102 [1]) war, als abgesehen von der Lichtstärke rothes und blau-violettes Licht mit einander verglichen wurden. War es doch gerade die nahe Uebereinstimmung zwischen den Wirkungen des rothen und blau-violetten Lichts, welche dazu veranlasste, die für beide Beleuchtungsweisen gefundenen Werthe nach der Lichtstärke zusammenzuordnen.

---

[1]) 5,939 : 6,063, siehe Tabelle XXIIIb und S. 370.

V. Rückblick und Ergebniss.

Die im Jahre 1855 zuerst veröffentlichte Thatsache, dass durch den Einfluss des Lichts bei Fröschen die Ausscheidung der Kohlensäure eine Zunahme erleidet, ist nunmehr bei so vielen Thieren beobachtet worden, dass eine einfache Uebersicht der von verschiedenen Forschern erhaltenen mittleren Verhältnisszahlen die Tragweite jenes Einflusses ohne Weiteres beleuchtet.

Folgende Uebersicht bezieht sich auf unversehrte Thiere und bringt uns die Zahlenverhältnisse, welche sich auf die Gesammtausscheidung der Kohlensäure beziehen.

Verhältniss zwischen der im Dunkeln und im Licht ausgeschiedenen Kohlensäure bei verschiedenen Thieren.

Thierart.	Dunkel.	Licht.	Gewährsmann.	Jahr der Beobachtung.
Frosch	100	125	Moleschott	1855
„	100	156	Chasanowitz	1872
„	100	121[1]	Moleschott u. Fubini	1876
Kröte	100	126[2]	Moleschott u. Fubini	1876
Mittel für die Amphibien	100	132		
Turteltaube	100	147	Selmi und Piacentini	1870
Henne	100	144	Selmi und Piacentini	1870
Sperling	100	142[3]	Moleschott u. Fubini	1878
Kanarienvogel	100	120	Moleschott u. Fubini	1878
Mittel für die Vögel	100	138		

[1]) Mittel aus allen unseren Beobachtungen vom Jahre 1876. Vgl. die Tabellen Ib, IIb.

[2]) Siehe Tabelle XXXIV.

[3]) Mittel aus unseren sämmtlichen Beobachtungen. Vgl. die Tabellen Vb, Vd, VIb, VId, XXIb.

Thierart.	Dunkel.		Licht.	Gewährsmann.	Jahr der Beobachtung.
Hund	100	:	122	Selmi und Piacentini	1870
Meerschweinchen . .	100	:	130	Chasanowitz	1872
Maus	100	:	153	Pott	1875
„	100	:	122[1]	Moleschott u. Fubini	1877
Wanderratte	100	:	132[2]	Moleschott u. Fubini	1877
Haselmaus	100	:	145	Moleschott u. Fubini	1878
Mittel für die Säugethiere	100	:	134		

Aus dieser Uebersicht erhellt, dass wenn auch bei Vögeln und Säugethieren häufiger hohe Werthe für die im Licht ausgeschiedene Kohlensäure beobachtet worden, dennoch die Grösse des Lichteinflusses auf diese Ausscheidung bei Kalt- und Warmblütern keinen wesentlichen Unterschied zeigt. Setzen wir immer die Zahl für die im Dunkeln für gleiche Zeit- und Gewichtseinheit gelieferte Kohlensäure = 100, dann wird die im Lichte durchschnittlich

bei Amphibien	Vögeln	Säugethieren
132,	138,	134.

Es ist von Platen's Verdienst, es über jeden Zweifel erhoben zu haben, dass die durch das Licht vermehrte Ausscheidung der Kohlensäure wirklich eine Steigerung des Stoffwechsels bedeutet, indem er beim Kaninchen neben der durch die Einwirkung des Lichts auf die Augen bedingten Vermehrung der ausgeathmeten Kohlensäure auch eine vermehrte Aufnahme von Sauerstoff nachwies.

Die vermehrte Aufnahme von Sauerstoff im Lichte ist aber auch für ein wirbelloses Thier nachgewiesen, und zwar für eine Käferart, Bruchus pisi, von F. J. van Pesch[3]). Nimmt man das Mittel aus den Zahlen, die van Pesch im Dunkeln und Hellen für den Sauerstoffverbrauch erhielt, dann berechnet sich das Verhältniss:

[1]) Mittel aus all' unseren Beobachtungen. Tabellen XXVb, XXVIb, XXVIIb.

[2]) Mittel aus allen Versuchen, Tabelle VIIb, XXIIb.

[3]) F. J. van Pesch, eenige verschijnselen bij de ademhaling van kleine kevers, Amsterdammer Maandblad voor natuurwetenschappen, 1879, p. 116—119.

bei der Wärme		Sauerstoffverbrauch	
im Dunkeln	im Hellen	im Dunkeln	im Hellen
12,4°	14,1°	100 :	201.

Es war also die Sauerstoffaufnahme bei dem kleinen Erbsenkäfer im Lichte verdoppelt. Da aber bei diesen Thieren, wie bei den Amphibien, auch mit steigender Wärme die Sauerstoffzehrung zunimmt, so ist besonders hervorzuheben, dass in einem der von van Pesch vorgenommenen Versuche das Licht die Menge des verbrauchten Sauerstoffs verdreifacht, obgleich der Wärmeunterschied nur 0,5° zu Gunsten der Lichtwirkung betrug.

Von Platen bestimmte bloss die von den Lungen aufgenommene Sauerstoffmenge und die von diesen ausgeathmete Kohlensäure, als er abwechselnd die Augen vom Lichteinfluss ausschloss, bald das Licht auf dieselben einwirken liess. Aus diesem Grunde sind seine Zahlen nicht in die obige Uebersicht eingereiht; es gebührt ihnen eine besondere Stelle. Beim Kaninchen waren die Verhältnisse:

	bei bedeckten Augen		bei unbedeckten Augen
für den verbrauchten Sauerstoff	100	:	116
für die ausgeathmete Kohlensäure	100	:	114[1]).

Ist somit für ein Säugethier dargethan, dass sich das Lungenathmen steigert, wenn das Licht auf die Augen einwirkt, dagegen abnimmt, wenn das Auge dem Licht entzogen wird, so ist andererseits durch Fubini und Ronchi der Nachweis geliefert, dass auch die Ausscheidung von Kohlensäure durch die Haut, und zwar beim Menschen, zunimmt, wenn der ganze Organismus dem Lichte ausgesetzt wird. Für die von der menschlichen Haut gelieferte Kohlensäure fanden Fubini und Ronchi das Verhältniss:

im Dunkeln		im Lichte
100	:	113.

Es war sehr lehrreich, den Einfluss des Lichtes auf die Hautathmung bei einem Thiere zu untersuchen, bei welchem das Hautathmen

[1]) Pflüger's Archiv, Bd. XI, S. 290.

bei Weitem thätiger ist, als das Lungenathmen. Ein solches Thier ist bekanntlich der Frosch. Fubini entfernte bei Fröschen die Lungen und fand nach diesem Eingriff, den die Frösche Monate lang überleben, zwischen den Kohlensäurewerthen im Dunkeln und im Lichte das Verhältniss 100 : 134.

Die Wirkung des Lichts war also auch am Hautathmen offenbar, und zwar sowohl beim Menschen, wie bei niederen Wirbelthieren. Ist dieser Erfolg und überhaupt die vermehrte Kohlensäureausscheidung im Lichte nur durch dessen Einwirkung auf das Auge bedingt, oder dringt das Licht auch auf anderen Wegen in den Thierkörper ein, und vermag es auf diesen Wegen den Stoffwechsel anzuregen?

Lassen wir die Zahlen antworten.

Wenn bei Säugethieren das Licht abwechselnd dem ganzen Körper entzogen oder zugelassen wird, dann verhält sich die ausgeschiedene Kohlensäure

	im Dunkeln		im Lichte
durchschnittlich wie	100	:	134;

bezieht sich der abwechselnde Ausschluss und die Zulassung nur auf die Augen, dann wird das Verhältniss für die von den Lungen ausgeathmete Kohlensäure

	im Dunkeln		im Lichte
beim Kaninchen	100	:	114.

Dies entspricht dem bereits im Jahre 1855 von Moleschott gefundenen Unterschied zwischen unversehrten Fröschen und Fröschen, deren Hornhaut seit länger als einem halben Jahre verdunkelt war.

	Dunkel		Licht
Unversehrte Frösche	100	:	125
Frösche mit verdunkelter Hornhaut	100	:	115.

Mit Worten: wenn das Licht nur von den Augen abgehalten wird, ist die Abnahme der Kohlensäure bei Säugethieren geringer, als wenn es dem ganzen Körper entzogen wird, und obgleich im ersten Fall nur die von den Lungen ausgeathmete Kohlensäure bestimmt ward, im zweiten dagegen die gesammte Kohlensäure, die ausgehaucht

wurde, ist der Unterschied so gross, dass er durch Hinzufügen der von der Haut gelieferten und gleichfalls durch den Einfluss des Lichts vermehrten Kohlensäure an Bedeutsamkeit nichts einbüsst.

Für die Frösche lag die Sache so, dass das Licht die Kohlensäure mächtiger vermehrte, da es zugleich durch Haut und Augen einwirken konnte, als wenn es nur zur Haut freien Zugang hatte. Daraus schloss Moleschott, dass die Augen an jener Lichtwirkung betheiligt seien.

Da aber ferner die Frösche, deren Hornhaut verdunkelt war, auch im Dunkeln weniger Kohlensäure lieferten, als im Hellen, und zwar im Verhältniss 100 : 114, so schloss er ferner, dass der Einfluss des Lichts zum Theil durch die Haut vermittelt würde.

Gegen diese letztere Schlussfolgerung erhob Pflüger den Einwand, dass möglicher Weise die Netzhaut der Frösche mit verdunkelter Hornhaut noch so empfindlich war, dass durch ihre Reizung, und nicht durch eine Einwirkung auf die Haut, der die Kohlensäure mehrende Einfluss des Lichtes vermittelt würde.

Solchem Einwurf von so gewichtiger Seite musste mit neuen Versuchen begegnet werden.

Wir haben also bei Fröschen, Vögeln und Säugethieren die Augen geradezu weggenommen oder vollständig zerstört, und auch die augenlosen Thiere schieden im Lichte mehr Kohlensäure aus, als im Dunkeln. Die von uns gefundenen mittleren Verhältnisszahlen sind:

	Dunkel.		Licht.
für den augenlosen Frosch . .	100	:	111
„ „ „ Sperling .	100	:	127
„ die augenlose Haselmaus .	100	:	112
„ „ „ Wanderratte	100	:	112
„ „ „ Maus . . .	100	:	118 [1]).

Der Einfluss des Lichts zur Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure war also bei den vollständig erblindeten Thieren erheb-

[1]) Siehe S. 366.

lich genug, aber doch beträchtlich geringer als bei den sehenden, wie die folgende vergleichende Uebersicht lehrt:

	im Dunkeln.	im Licht.	
		blind.	sehend.
Frosch	100	111	134[1])
Sperling	100	127	142
Haselmaus	100	112	145
Wanderratte . . .	100	112	132
Maus	100	118	137[2]).

Das Verhältniss zwischen den Mittelwerthen der Kohlensäure, welche die blinden und sehenden Thiere, beide im Licht geliefert haben, ist folgendes:

im Lichte.	blind.	sehend.
Frosch	100	121
Sperling	100	112
Haselmaus	100	130
Wanderratte	100	118
Maus	100	116.

Nach dieser Zusammenstellung war die Verminderung der Lichtwirkung nach Wegfall der Augen am geringsten beim Sperling, am grössten bei der Haselmaus.

Als unmittelbarste Ableitung aus diesen Zahlen ergiebt sich, dass das Licht auch unabhängig von den Augen den Stoffwechsel anregt. Und da wir wissen, dass es in dieser Weise auch durch die Augen allein wirkt, sind die Zahlen selbstredend, welche darthun, dass die Vermehrung der ausgeschiedenen Kohlensäure bedeutender ist, wenn das Licht auf Haut und Augen zugleich einwirkt, als wenn nur einer der beiden Wege demselben offen steht.

Wenn wir für die Säugethiere aus den Zahlen auf S. 377 das Mittel nehmen, verhalten sich bei den augenlosen Thieren die Kohlensäurewerthe

---

[1]) Mittel aus den Verhältnisszahlen auf S. 373.

[2]) Mittel aus den Zahlen von Pott, sowie von Moleschott und Fubini.

	im Dunkeln		und Hellen
wie	100	:	114,

wonach man, ähnlich wie nach Moleschott's früheren Erfahrungen am Frosche, zu schliessen berechtigt ist, dass die Einwirkung durch die Haut und diejenige durch die Augen beide ungefähr gleich mächtig sind.

Zugleich aber ersieht man, dass die gleichzeitige Wirkung auf Haut und Augen zusammen am unversehrten Thiere mehr beträgt, als die Summe der Augenwirkung und Hautwirkung, wenn sie gesondert an verschiedenen Thieren bestimmt wurden. Wir haben nämlich:

	Dunkel		Licht
Augenwirkung (Kaninchen)	100	:	114
Hautwirkung (Maus, Haselmaus und Wanderratte)	100	:	114
Haut- und Augenwirkung vereint (Maus, Haselmaus und Wanderratte) . .	100	:	138.

Und hieraus ist mit grosser Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass die Haut und die Augen in ihrem Kohlensäure mehrenden Einfluss einander gegenseitig fördern.

Dennoch ist die Gegenwart der Centralheerde des Nervensystems nicht erforderlich, damit das Licht den hier in Rede stehenden Einfluss entfalte. Wir haben bei Fröschen, die des Hirns und Rückenmarks, sowie der Augen beraubt waren, ja bei solchen, bei welchen kein Kreislauf des Bluts mehr bestand, durch den Einfluss des Lichts eine Zunahme der ausgehauchten Kohlensäure erhalten, welche mehr als die Hälfte der im Dunkeln ausgeschiedenen betragen konnte.

Nunmehr führte uns ein kleiner Schritt weiter zu lebensfähigen Geweben, die aus dem Zusammenhang mit dem Organismus gelöst waren. Nicht bloss Muskeln, die noch zusammenziehungsfähig sind, auch das Hirn und Rückenmark von Säugethieren, deren Nervenreizbarkeit noch nicht erloschen ist, liefern im Licht mehr Kohlensäure als im Dunkeln. Die Verhältnisszahlen ergeben folgende Mittel:

	Dunkel		Licht
Froschmuskeln	100	:	170
Säugethiermuskeln	100	:	159
Hirn und Rückenmark von Säugethieren	100	:	129.

Es wird also die Gewebeathmung unmittelbar durch das Licht angeregt, und zwar die des Muskelgewebes so mächtig, dass dieses als die Hauptquelle des Mehr an Kohlensäure zu betrachten ist, welches von Thieren unter dem Einfluss des Lichtes ausgehaucht wird.

Mehr oder weniger einfarbiges Licht, wie es durch farbige Gläser und besser durch farbige Lösungen erhalten werden kann, übt nicht ganz gleichen Einfluss auf Frösche und auf Warmblüter.

Zwar im blau-violetten Licht wird sowohl bei Fröschen wie bei Vögeln und Säugethieren die Ausscheidung der Kohlensäure vermehrt und zwar in dem Grade, dass im blau-violetten Lichte eben so viel, wenn nicht mehr Kohlensäure geliefert wird wie im gemischten weissen. Während aber bei Fröschen rothes Licht unwirksam ist, erhöht es bei Warmblütern, namentlich bei Vögeln, die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure, wenn auch bedeutend weniger als das blau-violette Licht. Folgende Mittelzahlen lassen es mit Einem Blick übersehen:

Unversehrte Thiere.	Dunkel.	Rothes Licht.	Blau-violettes Licht.	Weisses Licht.
Frösche	100	100,5	115	112
Vögel (Sperl. Kanarienv.)	100	128	139	142
Wanderratte	100	111	140	137.

Merkwürdiger Weise stimmen bei den Warmblütern die mittleren Verhältnisse für den Einfluss des rothen Lichts beim sehenden Thier und den des weissen Lichts beim blinden genau miteinander überein:

Unversehrte Thiere.	Dunkel.	Rothes Licht beim sehenden Thier.	Weisses Licht beim blinden Thier.
Vögel	100	128	127
Wanderratte . .	100	111	112.

Die Versuche mit farbigem Licht haben wir auch auf blinde Säugethiere, und zwar auf die Wanderratte und die Maus ausgedehnt.

Die Reihenfolge der Farben je nach der Grösse ihrer Wirkung erlitt keine Veränderung, d. h. das rothe Licht vermehrte die Kohlensäure weniger als das blau-violette, und dieses näherte sich dem weissen Licht.

	Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
Blinde Säugethiere (Wanderratte, Maus)	100	109	114	113.

Es wiederholt sich für die Wirkung des farbigen Lichtes bei blinden Thieren, was wir für die Wirkung des weissen Lichts bei denselben in Erfahrung gebracht. Die Wirksamkeit des farbigen Lichts äussert sich nämlich bei den blinden Thieren im gleichen Sinne, aber in geringerem Grade als bei sehenden. Besonders hervorzuheben ist, dass bei den blinden Säugethieren die Wirkung des blauvioletten Lichtes mehr herabgesetzt ist als die des rothen, so dass sich die verschiedenen Farben hinsichtlich ihrer Wirksamkeit bei den blinden Thieren viel näher stehen als bei den sehenden.

Gelbes Licht, das wir leider nur durch farbiges Glas erhalten konnten, welches alle Farben durchlässt, haben wir eben deshalb nur bei Fröschen geprüft und eine geringe Vermehrung der Kohlensäure dadurch erhalten:

	Rothes Licht	Gelbes Licht
Frösche	100	103.

Dagegen fanden sowohl Selmi und Piacentini, wie Pott, dass bei Warmblütern durch gelbes Licht die Ausscheidung der Kohlensäure viel mächtiger angeregt wird als durch weisses oder blaues Licht. Nach ihren Versuchen näherte sich blaues Licht in seiner Wirksamkeit dem weissen, in den Versuchen von Selmi und Piacentini übrigens mehr als in denen von Pott. Grün stand zwischen Gelb und Blau, im Ganzen alle drei über weissem Licht, nur von der Turteltaube erhielten Selmi und Piacentini ebenso viel Kohlensäure im weissen, wie im blauen Licht. Roth und Violett standen in den Versuchen der erwähnten Forscher dem weissen Lichte nach, und zwar war das Violett unter allen Farben am wenigsten wirksam.

Dies stimmt nun schlecht dazu, dass unser blau-violettes Licht, das durch ammoniakalische Kupferlösung erhalten war, dem weissen Licht an Wirksamkeit gleich oder überlegen war, während wir sonst zwischen Roth und Blau-violett dieselbe Reihenfolge beobachteten, wie jene Forscher für Roth und Blau (Rothblau).

Wir müssen aber hier zum Schluss noch einmal hervorheben, dass, abgesehen von den Versuchen am Hunde, die Selmi und Piacentini selber anzweifeln, die betreffenden Versuche der Mantuaner Forscher, sowie die von Pott zu wenig zahlreich und insofern nicht rein sind, als sie eben immer mit farbigen Gläsern angestellt worden, über deren Durchlassungsvermögen für verschiedene Farben sie nichts berichten. Wenn aber der letztgenannte Uebelstand auch nicht vorhanden wäre, so müssten wir doch behaupten, dass so wenige Versuche, wie sie Selmi und Piacentini mit ihrer Henne und Turteltaube, Pott mit seiner Maus angestellt, die Frage nicht entscheiden können. Was die geringe Zahl der Versuche ganz besonders beanstandet, ist die Thatsache, dass die Vergleichsversuche nicht an demselben Tage angestellt sind, ganz davon abgesehen, dass Selmi und Piacentini den Wärmegrad, bei dem die einzelnen Versuche angestellt wurden, nicht angeben.

Für jetzt scheint uns daher nur so viel festzustehen, dass blauviolettes Licht, ungefähr ebenso wirksam wie weisses, die ausgeschiedene Kohlensäure bedeutend stärker vermehrt als rothes Licht.

Dazu kommt nun, dass unsre Versuche, bei welchen die chemische Kraft des angewandten Lichtes immer berücksichtigt wurde, zu dem Ergebniss führen, dass, alles Uebrige gleich gesetzt, mit dem chemischen Lichtgrad die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure zunimmt. Dies hat sich unter den verschiedensten Verhältnissen herausgestellt, bei Fröschen, Vögeln und Säugethieren, bei blinden und sehenden Thieren, in gemischtem und farbigem Licht.

Bei der grossen Bedeutung, welche dieser Thatsache gebührt um die Art der Lichtwirkung zu bestimmen, wird es statthaft, sie hier noch einmal im Zusammenhang zu übersehen. Wir wollen die einzelnen Mittelwerthe dadurch unter einander vergleichbar machen,

dass wir den niedersten Lichtgrad für jede Vergleichungsreihe = 100 setzen, und wir schreiben die höheren Lichtgrade mit ihrem verhältnissmässigen Werth ohne Verhältnisszeichen daneben, weil, wie wir wiederholt ausgesprochen, von einer eigentlichen Ebenmässigkeit nicht die Rede sein kann.

Sehende Thiere.

	Lichtgrade.	Kohlensäure.	Gewährsmann.
Frosch	100, 215, 335	100 : 125 : 152	Moleschott 1855.
„	100, 133	100 : 109,5	Moleschott und Fubini 1876.

Blinde Thiere.

	Lichtgrade.	Kohlensäure.	Gewährsmann.
Frosch . .	100, 145	100 : 123	Moleschott 1855.
„ . .	100, 140	100 : 115	Moleschott und Fubini 1876.
Frosch (blind u. enthirnt)	100, 416	100 : 143	„ „ „ „
Sperling . .	100, 120	100 : 115	„ „ „ „
Wanderratte.	100, 136	100 : 119	„ „ „ „
Haselmaus .	100, 156	100 : 119	„ „ „ „

Diese Zahlen lehren deutlich das allgemeine Ergebniss, dass die grössere chemische Wirksamkeit des Lichts bei sehenden und blinden Thieren mit der reichlicheren Kohlensäureausscheidung Hand in Hand geht. Bei den sehenden Fröschen könnte die Zunahme der Kohlensäure mit der des Lichtgrads nicht besser Schritt halten. Vergleicht man die blinden Thiere unter einander, dann ersieht man, dass einem grossen Unterschied zwischen den Lichtgraden beim Frosch auch ein grosser Unterschied zwischen den Kohlensäurewerthen entspricht. Wenn wir aus den beiden ersten Mittelwerthen für blinde Frösche das Mittel nehmen und dieses mit dem dritten Werth vergleichen, so haben wir:

	Lichtgrade	Kohlensäure
blinde Frösche	100, 142,5	100 : 119
„ „	100, 416	100 : 143.

Es bleibt allerdings das Verhältniss bestehen, dass die blinden Frösche für die chemische Wirkung des Lichtgrads empfindlicher gewesen sind, als die sehenden, wie namentlich erhellt, wenn man die zweite Reihe für sehende Frösche mit der ersten und zweiten für die blinden vergleicht. Es würde, wie wir oben angedeutet, nicht gerade auffallend sein, wenn die chemische Wirkung des Lichts das Athmen blinder Organismen kräftiger bethätigte, als es bei sehenden der Fall ist [1]). Um aber diese Erklärung anzurufen, ist der betreffende Unterschied nicht regelmässig genug beobachtet worden [2]), wie auch aus unserer Zusammenstellung auf S. 383 erhellt, wo sich für

	Lichtgrade	Kohlensäure
den unversehrten Frosch	100, 335	100 : 152
„ blinden Frosch . .	100, 416	100 : 143

ergeben. Es dürfte sich hier um jene Unregelmässigkeiten handeln, die man immer erhalten muss, wenn man verschiedene Einzelwesen zu verschiedenen Zeiten untersucht. Regelmässig ist nur, dass blinde oder sehende Frösche, unter sonst möglichst gleichen Umständen, bei höheren Lichtgraden mehr Kohlensäure liefern, und bei den höchsten am meisten.

Bei den blinden Warmblütern entsprachen ähnlichen Unterschieden für die Lichtgrade ähnliche Unterschiede in den Kohlensäurewerthen.

Dass auch im blauen Licht der höhere Lichtgrad wirksamer war als der niedere, lehrt folgende Uebersicht der Mittelwerthe:

Sehende Thiere.

Thierart.	Beleuchtung.	Lichtgrade.	Kohlensäure.
Frosch	blau-violett	100, 189	100 : 113,5
Sperling	weiss und blau-violett	100, 322	100 : 128.

[1]) Vgl. oben S. 282.

[2]) Vgl. oben S. 304, 305.

Blinde Thiere.

Thierart.	Beleuchtung.	Lichtgrade.	Kohlensäure.
Wanderratte	roth und blau-violett	100, 220	100 : 105
Maus . . .	weiss und blau-violett	100, 464	100 : 108.

In diesen Zahlen sieht man für die Warmblüter einen viel stärkeren Einfluss des Lichtgrades auf die sehenden, als auf die blinden Thiere.

Bei den Fröschen, bei welchen das rothe Licht die Ausscheidung der Kohlensäure nicht vermehrt, hatte auch die verschiedene Lichtstärke im rothen Licht keinen mehrenden Einfluss.

Für die aus dem Zusammenhang gelösten Gewebe, insbesondere für die Muskeln, haben wir keine hinlängliche Zahl von Versuchen bei verschiedenen Lichtgraden, um sie als beweiskräftig betrachten zu dürfen. Wir können nur sagen, dass die wenigen Zahlen, die wir besitzen, dem allgemeinen Gesetze nicht widersprechen.

Muskeln.

Thierart.	Lichtgrade.	Kohlensäure.
Frosch	100, 140	100 : 103
Säugethiere . . .	100, 117	100 : 125.

Wichtiger ist die Zahlenreihe, welche Fubini von sechs Meerschweinchen gesammelt, die wir in folgender Tabelle in zwei Gruppen theilen.

Hirn-Rückenmark von Meerschweinchen.

Fubini.

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlens.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlens.
	II	8,2°	0,564	V	8,2°	0,653
	III	8,5	0,229	VIII	12,2	0,640
	IV,5	8,0	0,517			
	IV,5	8,0	0,558			
Mittelwerthe	III,5	8,2°	0,467	VI,5	10,2°	0,646.

Hiernach haben wir für die

Lichtgrade	Kohlensäure
100, 186	100 : 138,

und obgleich den höheren Lichtgraden eine etwas höhere Wärme (2°) entsprach, die wohl in den abgelösten Geweben das Athmen steigern wird, machen doch diese Zahlen es mindestens wahrscheinlich, dass auch in der Gewebeathmung die Kohlensäurebildung mit dem Lichtgrad wächst.

Bei den Warmblütern wirken Licht und Wärme, hinsichtlich ihres Einflusses auf die Ausscheidung der Kohlensäure, einander entgegen. Bei steigender Wärme nimmt die Kohlensäure ab, bei wachsender Lichtstärke nimmt sie zu. Da nun in der Regel mit der Wärme auch das Licht zunimmt, so ist offenbar die Lichtwirkung ein Factor, welcher den durch die Wärme bedingten Ausfall an Kohlensäure bis zu einem gewissen Grade auszugleichen vermag.

Anders ist es für die Kaltblüter. Bei diesen wirken Wärme und Licht zusammen zur Vermehrung der Kohlensäureausscheidung. Dies gilt sowohl für die Kröte [1]), wie für den Frosch.

Deshalb war es so wichtig, die Lichtwirkung bei gleichen oder einander sehr nahe liegenden Wärmegraden zu untersuchen. Nicht selten wurden wir bei unseren Versuchen an Warmblütern dadurch begünstigt, dass im Dunkeln die Wärme geringer war als im Licht, so dass der Wärmegrad im Dunkeln die ausgeschiedene Kohlensäure vermehren musste, und dennoch im Lichte mehr Kohlensäure erhalten wurde als im Dunkeln, so dass die Lichtwirkung um so deutlicher und reiner hervortrat.

Wir erinnern aber daran, dass Moleschott im Jahre 1857 siebenundfünfzig seiner Lichtversuche in vier Gruppen getheilt hat, in welchen bei verschiedenen Lichtgraden so übereinstimmende Wärmegrade herrschten, dass die Mittelwerthe der letzteren nirgends um 0,4° auseinander lagen [2]). Die Uebersichtstabelle, die er von den Mittel-

[1]) Tabelle XXXIV.

[2]) Vgl. den II. Band dieser Untersuchungen, S. 341—343.

werthen gegeben, mag hier eine Stelle finden; sie ist nach den aufsteigenden Wärmegraden geordnet.

Wärme.	Lichtgrade.	Kohlensäure.
17,6°	II, VI; 100, 300	0,381 : 0,447 = 100 : 117
19,2	II, IV; 100, 200	0,533 : 0,586 = 100 : 109
20,3	II, VI; 100, 300	0,467 : 0,530 = 100 : 113
24,0	IV, VII; 100, 175	0,643 : 0,747 = 100 : 116.

Diese Uebersicht zeigt in den ersten drei Reihen sehr deutlich, dass bei gleicher Wärme die Kohlensäurebildung mit dem Lichtgrad zunahm. In der vierten Reihe ist die Vermehrung der Kohlensäure stärker als die in der zweiten Reihe, obgleich der Lichtunterschied geringer ist; dies ist aber eben einer von den Fällen, auf die sich unsere oben ausgesprochene Vermuthung gründet, dass im Bereich der höheren Lichtgrade ein grösseres Verhältniss zwischen diesen $\left(\frac{100}{175}\right)$ wirksamer ist, als ein kleineres Verhältniss $\left(\frac{100}{200}\right)$ im Bereich der niederen[1]).

Für die Säugethiere besitzen wir nicht so zahlreiche Beobachtungen, in welchen bei verschiedenen Lichtgraden derselbe Wärmegrad geherrscht hat. Die wenigen sprechen aber so deutlich, dass sie auch hier in zusammenhängender Darstellung gehört zu werden verdienen.

Thierart.	Wärme.	Lichtgrade.	Kohlensäure.
Blinde Wanderratte	22,3°	100, 112, 137	100 : 149 : 161
„ „	25,0	100, 118	100 : 117
Blinde Haselmaus .	20,0	100, 137, 175	100 : 109 : 128.

Es ist nicht zu übersehen, dass diese Zahlen keine Mittelwerthe sind, und deshalb dürfen die sehr starken Lichtwirkungen, namentlich in den auf die blinde Wanderratte bezüglichen Reihen, nicht zu sehr überraschen. Ueberdies ist hervorzuheben, dass die betreffenden Lichtgrade alle sehr hoch waren, da sie zwischen VIII und XIV schwankten.

---

[1]) S. 369.

Der Kern von Thatsachen, der in dieser Abhandlung niedergelegt ist, ist leicht herauszuziehen:

Das Licht regt den Stoffwechsel mächtig an; es vermehrt die Ausscheidung der Kohlensäure (Moleschott, Selmi und Piacentini, Chasanowitz, Pott, von Platen, Fubini, Moleschott und Fubini), und die Aufnahme des Sauerstoffs (von Platen, van Pesch).

Die Bethätigung des Athmens durch's Licht ist bei Amphibien, Vögeln, Säugethieren und bei Insekten dargethan.

Die Einwirkung des Lichts, die den Stoffwechsel anregt, wird nicht bloss durch die Augen, sondern auch durch die Haut vermittelt. Sie findet auch bei augenlosen Fröschen, Vögeln und Säugethieren statt.

Werden nur die Augen oder nur die Haut durch das Licht gereizt, dann ist die Vermehrung der Kohlensäure geringer, als wenn das ganze Thier vom Licht gereizt wird.

Bei Säugethieren und Fröschen ist die Lichtwirkung durch's Auge allein etwa ebenso gross wie die durch die Haut allein vermittelte. Beide einzeln genommen und die beiden Einzelwirkungen summirt sind kleiner als die gleichzeitige Gesammtwirkung durch Haut und Augen bei demselben unversehrten Thier.

Die Gewebeathmung, so weit sie durch die Abgabe von Kohlensäure gemessen wird, wird durch das Licht nicht weniger angeregt als die Athmung des ganzen Thiers. Dies ist für die Muskeln von Fröschen und Säugethieren, für das Hirn und Rückenmark verschiedener Säugethiere dargethan.

Mit der chemischen Wirksamkeit des Lichts wächst die Ausscheidung der Kohlensäure bei Warm- und Kaltblütern, mögen sie blind oder sehend sein.

Blau-violettes Licht und rothes vermehren bei Vögeln und Säugethieren die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure, blau-violettes ungefähr ebenso stark wie weisses, rothes viel weniger stark.

Bei Fröschen ist blau-violettes Licht verhältnissmässig ebenso wirksam, rothes dagegen wirkungslos.

Auch bei blinden Säugethieren wird die Ausscheidung der Koh-

lensäure durch blau-violettes und durch rothes Licht gesteigert, durch beide aber weniger als bei sehenden; die Wirkung des blau-violetten Lichts ist indessen bei den blinden Thieren verhältnissmässig mehr herabgesetzt als die des rothen. Hiernach lässt sich nicht annehmen, dass die chemischen Strahlen mit Bezug auf die Kohlensäurebildung durch die Haut mächtiger wirken als durch das Auge, wie wir eine Zeit lang nach Moleschott's ältesten Erfahrungen an Fröschen zu thun geneigt waren [1]).

Wenn aber das Licht die Gewebeathmung anregt, wenn diese Wirkung sowohl durch die Haut, wie durch's Auge vermittelt wird, wenn sie mit der chemischen Lichtstärke wächst, wenn die chemischen Strahlen (blau-violettes Licht) sie mächtiger bethätigen als die Wärmestrahlen (rothes Licht), in dem Grade, dass rothes Licht bei Fröschen sogar unwirksam ist, dann wird man zum Schluss gedrängt, dass hier eine chemische Wirkung des Lichtes im Spiel ist.

Sollte sich's bestätigen, dass gelbes, grünes und blaues Licht zur Vermehrung der Kohlensäure wirksamer sind als weisses, wie dies aus den Versuchen von Selmi-Piacentini und Pott hervorgehen würde, dann müsste jedenfalls zu jener chemischen Wirkung eine übermächtige Reizwirkung hinzutreten, eine Reizwirkung, die mittelbar den Zerfall der organischen Stoffe im Thierleib anregt. Dass überhaupt eine solche Reizung sich fortwährend geltend macht, dies lehrt die Thatsache, dass durch's Auge allein eine vermehrte Kohlensäurebildung bedingt wird.

Das von Boll entdeckte Verblassen des Netzhautrothes im Licht ist der unmittelbarste Ausdruck der durch's Licht angeregten Gewebeathmung, zu der Rusconi am Proteus anguineus ein Seitenstück beobachtete, als er dessen im Dunkeln blassrothe Kiemen durch Lichtreiz sich lebhaft röthen sah [2]).

---

[1]) Siehe oben S. 282, 306, 384.

[2]) Rusconi, Observations anatomiques sur la sirène mise en parallèle avec le protée et le têtard de la salamandre aquatique, Pavie 1837, p. 39. „Les branchies de ce reptile (Proteus anguineus Laurenti) ne sont pas toujours si rouges comme

Was das Netzhautroth betrifft, so wissen wir durch Valentin, dass das Erblassen desselben mit Wahrscheinlichkeit auf einen durch das Licht beschleunigten Oxydationsvorgang zurückzuführen ist[1]). Und Boll hat gleich bei seinen ersten Untersuchungen ermittelt, dass es den brechbarsten Strahlen des Spectrum am wenigsten widersteht, so zwar, dass es in violettem Licht rascher verblasst, als in blauem, in diesem rascher, als in grünem. Gelbes Licht macht das Netzhautroth nur sehr langsam erblassen, und rothes Licht verdunkelt sogar anfangs den blutrothen Farbenton der Netzhaut bis zu jenem Braunroth, welches Boll mit einer besonderen Tinte des Pompejanisch-Roth vergleicht. Man könnte also dazu neigen, das Erblassen der Netzhaut geradezu von der chemischen Wirksamkeit des Lichtes herzuleiten, wenn dem nicht die Angabe Boll's widerspräche, dass die ultravioletten Strahlen auf die lebende Netzhaut ohne alle Wirkung sind, ein Punkt übrigens, für den Boll selber neue Versuche verlangte[2]).

Dass aber die Wirkung des Lichts auf den Stoffwechsel über diesen unmittelbaren Einfluss auf das Netzhautroth hinausgeht, wird schon dadurch bewiesen, dass weder die Augen allein, noch die Haut allein so mächtig wirken, wie jene und diese, wenn sie vereint und gleichzeitig die Lichtwirkung vermitteln, da der Einfluss der Augen allein zu dem der Haut allein hinzugezählt eine kleinere Summe giebt als die gleichzeitige Gesammtwirkung durch Haut und Augen bei demselben Thier. Dazu kommt, dass bei enthirnten Fröschen die Kohlensäurebildung bedeutend herabgesetzt ist[3]), wonach freilich das

---

on le voit dans cette figure . . . . Ordinairement, quand il n'est pas irrité par la lumière, ou que l'eau dans laquelle il vit, n'est pas au-dessus de 12° cent., et surtout quand il n'a pas mangé depuis longtemps, ses branchies sont d'un rouge pâle." S. 41 in der Erklärung von Fig. 5, Tafel II, heisst es: „Protée qui s'est coloré en rose en vertu de la lumière à laquelle il a été exposé de temps à autre pendant sa captivité."

[1]) Vgl. Valentin im vorliegenden Bande dieser Untersuchungen, S. 65.

[2]) Franz Boll, sull' anatomia e fisiologia della retina, Atti della Regia Accademia dei Lincei, 1876—77, serie 3 a, vol. I, p. 385—387.

[3]) Siehe die Tabellen II b und IVb.

Licht noch einen so mächtigen Einfluss zur Vermehrung der Kohlensäure ausüben kann, dass auch eine durch das Hirn bedingte Dämpfung der Rückbildungsvorgänge möglich erscheint. Hierdurch liesse sich dann zum Theil der übermächtige Einfluss des Lichts auf die Kohlensäureausscheidung abgelöster Muskeln erklären.

Alles in Allem genommen, muss man dem Licht einen anregenden Einfluss auf den Stoffwechsel zuschreiben, der als eine Reizwirkung aufzufassen ist, welche mittelbar das Zerfallen der organischen Stoffe im Thierkörper beschleunigt, so dass mehr Sauerstoff verbraucht, mehr Kohlensäure verzehrt wird. Dieser reizende Einfluss wird durch die Augen und durch die Haut vermittelt. Da er aber auch an lebenden Geweben, die aus dem Zusammenhang mit dem Organismus gelöst sind, stattfindet, so bedarf der Reiz, um seine Wirkung zu entfalten, nicht des Umweges durch die Centralheerde des Nervensystems. Immerhin könnten Lebensäusserungen des Protoplasma oder protoplasma-ähnlicher Gebilde die durch's Licht erhöhte Umsetzung bedingen. Diese Lebensäusserungen müssten dann aber durch chemisch wirksameres Licht stärker angeregt werden als durch die Wärmestrahlen. Blau-violettes und weisses Licht wirken stärker als rothes, und zwar um so stärker, je grösser ihre chemische Wirksamkeit ist.

Wenn gelbes Licht wirklich alle anderen Strahlen durch die Vermehrung der Kohlensäure übertreffen sollte, wenn grünes Licht in der That wirksamer wäre, als violettes, dann muss der Erfolg viel mittelbarer sein, als der von uns für blau-violettes und weisses Licht beobachtete.

Tabelle I a.

Versuche mit Rana esculenta A. Weibchen.
Unversehrt.

Tag. 1876.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
28. Juni l.	47,7	IV.	21,5°	0,0263	21,7°	0,0163
30. „ l.	49,3	III.	21,2	0,0190	21,2	0,0183
2. Juli d.	46,2	III.	22,8	0,0200	21,4	0,0161
4. „ d.	48,7	IV.	24,9	0,0180	23,2	0,0132
5. „ l.	48,1	III.	23,8	0,0216	23,7	0,0208
Am 5. Juli wurden die Augen weggenommen.						
7. „ l.	54,1	IV.	24,8°	0,0222	25,2°	0,0159

Tabelle II a.

Versuche mit Rana esculenta E. Weibchen.
Unversehrt.

Tag. 1876.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
19. Juli l.	55,7	IV.	24,0°	0,0350	24,7°	0,0304
21. „ d.	54,4	III.	25,0	0,0311	24,1	0,0260
Am 22. Juli wurden beide Augen entfernt.						
23. Juli l.	54,3	III.	24,9°	0,0287	25,1°	0,0273
26. „ d.	51,7	III.	23,6	0,0223	23,2	0,0261
27. „ l.	54,0	IV.	24,4	0,0306	24,5	0,0230
Am 30. Juli wurden die Grosshirnlappen und Zweihügel ausgerottet.						
1. Aug. l.	77,2	V.	25,6°	0,0351	25,6°	0,0272
2. „ d.	69,7	I.	25,2	0,0207	24,4	0,0241

Tabelle I b.

Rana esculenta A. Weibchen.

Die Kohlensäurewerthe sind auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1876.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
28. Juni l.	IV.	21,5°	1,323	21,7°	0,824
30. „ l.	III.	21,2	0,925	21,2	0,884
2. Juli d.	III.	22,8	1,055	21,4	0,837
4. „ d.	IV.	24,9	0,900	23,2	0,650
5. „ l.	III.	23,8	1,077	23,7	1,086
Mittelwerthe	III,4	22,8°	1,056	22,6°	0,856
Am 5. Juli, um 12 Uhr, wurden die Augen ausgerottet.					
5. Juli l.	IV.	24,8°	0,985	25,2°	0,717

Tabelle II b.

Rana esculenta E. Weibchen.

Die Kohlensäurewerthe sind auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1876.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
19. Juli l.	IV.	24,0°	1,508	24,7°	1,310
21. „ d.	III.	25,0	1,372	24,1	1,147
Mittelwerthe	III,5	24,5°	1,440	24,4°	1,228
Am 22. Juli wurden beide Augen entfernt.					
23. Juli l.	III.	24,9°	1,269	25,1°	1,207
26. „ d.	III.	23,6	1,035	23,2	1,212
27. „ l.	IV.	24,4	1,360	24,5	1,022
Mittelwerthe	III,3	24,3°	1,221	24,2°	1,147
Am 30. Juli wurden Grosshirn und Zweihügel abgetragen.					
1. Aug. l.	V.	25,6°	1,091	25,6°	0,846
2. „ d.	I.	25,2	0,713	24,4	0,830
Mittelwerthe	III.	25,4°	0,902	25,0°	0,838

Tabelle III a.

Versuche mit Rana esculenta H. Weibchen, blind.

Tag. 1876.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
9. Aug. l.	32,5	III.	25,4°	0,0162	25,3°	0,0162
10. „ d.	33,4	IV.	25,7	0,0261	24,6	0,0208
12. „ l.	31,8	II.	25,3	0,0243	25,6	0,0199
13. „ d.	34,4	III.	26,3	0,0284	25,6	0,0238

Tabelle IV a.

Versuche mit Rana esculenta L. Weibchen, blind.

Am 17. August 1876 war das Thier der Augen beraubt worden, am 31. desselben Monats auch der Grosshirnlappen und Zweihügel.

Tag. 1876.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
2. Sept. d.	79,6	III.	22,0°	0,0070	20,9°	0,0043
4. „ d.	69,6	X.	21,9	0,0082	21,2	0,0069

Tabelle V a.

Versuche mit Fringilla domestica, Sperling A.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
1. Feb. d.	26,2	14,0°	0,3216	VIII.	14,0°	0,3569	17,5°	0,1970

Der Sperling ward am 6. Februar, Nachmittags 3 Uhr, mit dem Glüheisen und nachheriger Aetzung mit Kali geblendet.

8. Feb. d.	25,0	14,0°	0,2913	VII.	15,0°	0,3694	15,5°	0,2936

Tabelle III b.

Rana esculenta H. Weibchen, blind.

Die Kohlensäurewerthe sind auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1876.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
9. Aug. l.	1	III.	25,4°	1,196	25,3°	1,196
10. „ d.	2	IV.	25,7	1,875	24,6	1,495
12. „ l.	4	II.	25,3	1,834	25,6	1,502
13. „ d.	5	III.	26,3	1,981	25,6	1,660
Mittelwerthe		III.	25,7°	1,721	25,3°	1,464

Tabelle IV b.

Werthe der Rana esculenta L., blind und enthirnt, auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1876.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Zahl der Tage, die seit der Enthirnung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
			Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
2. Sept. d.	16	2	III.	22,0°	0,211	20,9°	0,130
4. „ d.	18	4	X.	21,9	0,283	21,2	0,238
Mittelwerthe			VI,5	21,9°	0,247	21,0°	0,184

Tabelle V b.

Fringilla domestica, Sperling A.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1876.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
1. Febr. d.	—	VIII.	14,0°	32,693	15,7°	23,752
Blendung am 6. Februar.						
8. Febr. d.	2	VII.	15,0°	35,462	14,7°	28,075

Tabelle V c.

Versuche mit Fringilla domestica, Sperling A.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.		Licht.		
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
6. Feb. l.	26,0	VII.	12,5°	0,3907	14,0°	0,2822	VIII.	14,5°	0,3951
Blendung am 6. Februar.									
9. Feb. l.	24,2	VI.	15,0°	0,2582	16,5°	0,3256	X.	16,2°	0,2248

Tabelle VI a.

Versuche mit Fringilla domestica, Sperling B.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
15. Feb. d.	25,0	14,0°	0,2903	IV.	17,2°	0,3589	17,5°	0,2594
Am 16. Februar ward die Blendung vorgenommen.								
25. Feb. d.	21,2	18,2°	0,1387	VI.	18,1°	0,1856	18,0°	0,1485
26. „ d.	21,3	17,0	0,1405	VI.	17,5	0,1836	18,5	0,1962
28. „ d.	21,5	17,0	0,1514	VI.	16,0	0,2130	16,0	0,1360

Tabelle VI c.

Versuche mit Fringilla domestica, Sperling B.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.		Licht.		
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
16. Feb. l.	25,0	VII.	17,5°	0,3264	17,7°	0,3419	VI.	18,0°	0,4270
Am 16. Februar nach diesen Versuchen ward der Sperling geblendet.									
20. Feb. l.	23,5	V.	17,0°	0,1435	17,5°	0,2591	VII.	17,0°	0,1410
22. „ l.	21,5	VI.	17,5	0,1209	18,0	0,2484	V.	19,0	0,1619
27. „ l.	22,2	V.	18,5	0,1513	18,0	0,2525	V.	18,0	0,1768
1. März l.	21,1	V.	14,7	0,1680	15,1	0,1806	V.	15,1	0,1614

Tabelle V d.

Fringilla domestica, Sperling A. Die Kohlensäurew. auf 100 G. u. 24 St. berechnet.

Tag. 1878.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
6. Febr. l.	—	VII,5	13,5°	36,267	14,0°	26,049
Die Blendung ward am 6. Februar nach diesen Versuchen vorgenommen.						
9. Febr. l.	3	VIII.	15,6°	23,950	16,5°	32,291

Tabelle VI b.

Fringilla domestica B. Kohlensäurewerthe auf 100 Gr. und 24 Stund. berechnet.

Tag. 1878.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
15. Feb. d.	—	IV.	17,2°	34,454	15,7°	26,385
Am 16. Februar ward der Sperling geblendet.						
25. Feb. d.	9	VI.	18,1°	21,011	18,0°	16,256
26. „ d.	10	VI.	17,5	20,688	17,7	18,969
28. „ d.	12	VI.	16,0	23,777	16,5	16,040
Mittelwerthe		VI.	17,2°	21,825	17,4°	17,088

Tabelle VI d.

Fringilla domestica B. Die Kohlensäurew. auf 100 Gr. u. 24 St. zurückgeführt.

Tag. 1878.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
16. Feb. l.	—	VI,5	17,7°	36,163	17,7°	32,822
Die Blendung ward nach Ablauf der Versuche am 16. Feb. vorgenommen.						
20. Feb. l.	4	VI.	17,0°	14,527	17,5°	26,461
22. „ l.	6	V,5	18,2	15,784	18,0	27,728
27. „ l.	11	V.	18,2	17,735	18,0	27,297
1. März l.	13	V.	14,9	18,733	15,1	20,542
Mittelwerthe		V,4	17,1°	16,695	17,1°	25,507

Tabelle VII a.

Versuche mit Mus decumanus E.

Wanderratte, Albino.

Tag. 1877.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
20. Sept. d.	122,7	23,0°	0,1758	VIII.	23,0°	0,2900	27,7°	0,2132
21. „ d.	117,3	23,2	0,2687	XI.	29,7	0,2967	—	—
Am 29. September ward die Blendung ausgeführt.								
29. Oct. d.	139,2	16,5°	0,2943	X.	16,5°	0,4512	17,5°	0,4029
30. „ d.	138,5	18,0	0,2931	XI.	17,0	0,3601	21,0	0,3866

Tag. 1877.	Gewicht des Thieres.	Licht.			Dunkel.		Licht.		
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
1. Nov. l.	138,5	X.	18,0°	0,3169	17,5°	0,2882	IX.	18,5°	0,2860
2. „ l.	142,5	IX.	18,5	0,2949	18,5	0,2432	IX.	19,7	0,2789

Am 21. Mai 1878 wurden die Augenstumpfe ausgerottet.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
22. Mai d.	168,6	24,0°	0,3079	IX.	21,0°	0,2660	22,0°	0,3341
24. „ d.	169,5	24,0	0,2839	IX.	22,1	0,3343	22,6	0,3241
27. „ d.	178,2	24,5	0,3119	VIII.	22,7	0,3307	23,2	0,2654
29. „ d.	173,8	22,0	0,2229	XI.	22,2	0,3694	22,7	0,2572
3. Juni d.	172,2	24,0	0,2545	VIII.	22,5	0,2269	23,0	0,2343
5. „ d.	172,5	24,5	0,2520	VIII.	23,5	0,3000	24,5	0,2337
7. „ d.	171,2	25,0	0,2760	XI.	25,0	0,2564	24,5	0,2766
10. „ d.	168,5	25,0	0,2643	XIII.	25,0	0,2944	25,0	0,2979
21. „ d.	169,7	24,0	0,2118	XIV.	24,0	0,2978	24,0	0,2595

Tabelle VII b.

Mus decumanus.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.		Licht. Lichtgrad.	Licht. Wärme.	Licht. Kohlensäure.	Dunkel. Wärme.	Dunkel. Kohlensäure.
20. Sept. d.	—	VIII.	23,0°	5,672	25,3°	3,804
21. „ d.	—	XI.	29,7	6,071	23,2	5,498
Mittelwerthe		VIII,5	26,3°	5,871	24,2°	4,651

Blendung am 29. September.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht. Lichtgrad.	Licht. Wärme.	Licht. Kohlensäure.	Dunkel. Wärme.	Dunkel. Kohlensäure.
29. Oct. d.	30	X.	16,5°	7,779	17,0°	6,010
30. „ d.	31	XI.	17,0	6,240	19,5	5,889
1. Nov. l.	33	IX,5	18,2	5,223	17,5	4,994
2. „ l.	34	IX.	19,1	4,832	18,5	4,096
Mittelwerthe		X.	17,7°	6,018	18,1°	5,247

Am 21. Mai 1878 wurden die Augenstumpfe entfernt.

Tag. 1878.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht. Lichtgrad.	Licht. Wärme.	Licht. Kohlensäure.	Dunkel. Wärme.	Dunkel. Kohlensäure.
22. Mai d.	235	IX.	21,0°	3,786	23,0°	4,569
24. „ d.	237	IX.	22,1	4,733	23,3	4,304
27. „ d.	240	VIII.	22,7	4,454	23,8	3,887
29. „ d.	242	XI.	22,2	5,101	22,3	3,315
3. Juni d.	247	VIII.	22,5	3,162	23,5	3,406
5. „ d.	249	VIII.	23,5	4,174	24,5	3,378
7. „ d.	251	XI.	25,0	3,594	24,7	3,873
10. „ d.	254	XIII.	25,0	4,193	25,0	4,004
21. „ d.	265	XIV.	24,0	4,212	24,0	3,332
Mittelwerthe		X.	23,1°	4,156	23,8°	3,785

Tabelle VIII a.

Versuche mit Myoxus muscardinus.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
26. April	16,9	19,0°	0,1141	IX.	17,0°	0,1953	17,5°	0,1212
29. „	15,6	19,0	0,1015	VIII.	19,0	0,1454	19,0	0,1248
Nach den Versuchen vom 29. April wurden die beiden Augen ausgeschält.								
1. Mai	16,3	19,0°	0,1130	IX.	17,2°	0,1737	17,2°	0,1139
3. „	15,0	19,0	0,1081	X.	19,0	0,1515	18,5	0,1045
8. „	16,6	21,0	0,1134	XI.	20,0	0,1239	20,0	0,1644
13. „	15,0	20,0	0,1048	XIV.	20,0	0,1315	20,0	0,1091
15. „	15,5	20,0	0,1123	VIII.	20,0	0,1057	20,5	0,1074
17. „	16,3	22,0	0,1125	XIV.	22,0	0,1213	21,1	0,1396
20. „	17,0	24,5	0,0782	IX.	23,5	0,0954	23,5	0,1104
4. Juli	23,0	25,5	0,1057	XIV.	24,0	0,1264	24,0	0,1182
9. „	22,0	25,0	0,1266	X.	25,0	0,1171	25,0	0,1282

Tabelle IX a.

Rana esculenta D.

Ohne Hirn und Rückenmark und ohne Augen.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
29. Oct.	60,6	15,0°	0,0036	VII.	15,6°	0,0069	15,0°	0,0055
31. „	63,5	13,0	0,0034	V.	13,2	0,0043	13,0	0,0025

Tabelle VIII b.

Myoxus muscardinus, Haselmaus.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1878.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
26. Apr. d.	—	IX.	17,0°	27,735	18,2°	17,212
29. „ d.	—	VIII.	19,0	22,369	19,0	17,302
Mittelwerthe		VIII,5	18,0°	25,052	18,6°	17,257
Blendung am 29. April.						
1. Mai d.	2	IX.	17,2°	25,576	18,1°	16,704
3. „ d.	4	X.	19,0	24,240	18,7	17,008
8. „ d.	9	XI.	20,0	17,913	20,5	20,082
13. „ d.	14	XIV.	20,0	21,040	20,0	17,112
15. „ d.	16	VIII.	20,0	16,367	20,2	17,009
17. „ d.	18	XIV.	22,0	17,860	21,6	18,559
20. „ d.	21	IX.	23,5	13,468	24,0	13,313
4. Juli d.	66	XIV.	24,0	13,189	24,7	11,681
9. „ d.	71	X.	25,0	12,774	25,0	13,898
Mittelwerthe		XI.	21,2°	18,047	21,4°	16,152

Tabelle IX b.

Rana esculenta D. Ohne Hirn und Rückenmark und ohne Augen.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1878.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
29. October d.	VII.	15,6°	0,273	15,0°	0,180
31. „ d.	V.	13,2	0,163	13,0	0,111
Mittelwerthe	VI.	14,4°	0,218	14,0°	0,145

Tabelle X a.

Rana esculenta G. Ohne Haut, ohne Hirn und Rückenmark und ohne Augen.

Tag. 1878.	Gewicht des Thieres.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
4. Nov.	38,4	10,5°	0,0056	IV.	11,0°	0,0037	11,0°	0,0027
6. „	44,3	11,5	0,0028	VI.	11,8	0,0080	12,2	0,0072

Tabelle XI a.

Muskeln von Rana esculenta.

Die Frösche waren gehäutet, geköpft, ausgeweidet, des Hirns und Rückenmarks beraubt, mit durchschnittenen Hüftnervengeflechten.

Tag. 1878.	Gewicht der Präparate.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.		Licht.		
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
9. Dec.	65,5	10,4°	0,0225	V.	10,7°	0,0378	11,1°	0,0100	—	—	—
16. „	49,5	8,2	0,0085	V.	7,0	0,0051	8,7	0,0006	—	—	—
18. „	38,6	—	—	V.	8,6	0,0083	8,6	0,0055	IV.	9,2°	0,0080
21. „	66,5	—	—	V.	8,0	0,0080	8,0	0,0070	V.	8,0	0,0066

Tabelle XII a.

Muskeln von Säugethieren.

Tag. 1878.	Gewicht der Muskeln.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.		Licht.		
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
	Kaninchen										
23. Dec.	44,7	8,7°	0,0015	III.	8,2°	0,0000	8,2°	0,0028	IV.	8,6°	0,0076
	Hund										
26. „	47,0	7,5	0,0025	III.	7,0	0,0044	7,0	0,0033	III.	7,0	0,0095

Tabelle X b.

Rana esculenta G. Ohne Haut, ohne Hirn und Rückenmark und ohne Augen.
Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1878.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
4. November d.	IV.	11,0°	0,231	11,7°	0,259
6. „ d.	VI.	11,8	0,434	11,9	0,271
Mittelwerthe	V.	11,4°	0,332	11,8°	0,265

Tabelle XI b.

Muskeln von Rana esculenta.
Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1878.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
9. December d.	V.	10,7°	1,385	10,7°	0,595
16. „ d.	V.	7,0	0,247	8,4	0,220
18. „ l.	IV,5	8,9	0,506	8,6	0,342
21. „ l.	V.	8,0	0,263	8,0	0,253
Mittelwerthe	IV,9	8,6°	0,600	8,9°	0,352

Tabelle XII b.

Muskeln von Säugethieren.
Die Kohlensäurewerthe auf 100 Grad und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1878.	Thierart.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
23. December	Kaninchen	III,5	8,4°	0,408	8,4°	0,231
26. „	Hund	III.	7,0	0,403	7,2	0,286
Mittelwerthe	—	III,2	7,7°	0,405	7,8°	0,258

Tabelle XIII.

Mittelwerthe für die Kohlensäure, vom Hirn und Rückenmark des Hundes ausgehaucht, für 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Fubini.

Geschlecht des Thiers.	Gewicht des Hirns und Rücken-marks.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlen-säure.	Wärme.	Kohlen-säure.
Weibchen	73,95	III.	7,5°	0,340	7,5°	0,295
Weibchen	95,30	III.	8,0	0,363	8,0	0,181
Männchen	94,50	V,5	10,0	0,209	9,0	0,203
Weibchen	117,70	IV.	9,5	0,448	9,6	0,232
Mittelwerthe		III,9	8,7°	0,340	8,5°	0,228

Tabelle XIV.

Mittelwerthe der Kohlensäure, vom Hirn und Rückenmark von Kaninchen ausgehaucht, für 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Fubini.

Geschlecht des Thiers.	Gewicht des Hirns und Rücken-marks.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlen-säure.	Wärme.	Kohlen-säure.
Männchen	11,50	X.	15,7°	0,331	15,5°	0,338
Weibchen	13,00	X.	18,5	0,279	16,5	0,199
Mittelwerthe		X.	17,1°	0,305	16,0°	0,268

Tabelle XV.

Mittelwerthe der Kohlensäure, vom Hirn und Rückenmark von Meerschweinchen ausgehaucht, für 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Fubini.

Geschlecht der Thiere.	Gewicht des Hirns und Rücken-marks.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlen-säure.	Wärme.	Kohlen-säure.
Weibchen	6,70	III.	8,5°	0,229	8,5°	0,158
Weibchen	4,00	II.	8,2	0,564	8,2	0,324
Männchen	5,20	IV,5	8,0	0,517	8,1	0,443
Männchen	5,00	V.	8,2	0,653	8,1	0,528
Weibchen	4,00	IV,5	8,0	0,558	8,0	0,270
Weibchen	4,50	VIII.	12,2	0,640	14,3	0,597
Mittelwerthe		IV,5	8,8°	0,527	9,2°	0,387

Tabelle XVI.

Mittelwerthe der Kohlensäure, vom Hirn und Rückenmark einer Wanderratte ausgehaucht, für 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Fubini.

Geschlecht der Thiere.	Gewicht des Hirns und Rücken-marks.	Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlen-säure.	Wärme.	Kohlen-säure.
Männchen	2,30	VI.	12,2°	1,398	12,1°	1,220

Tabelle XVII.

Rana esculenta.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Moleschott.

Tag. 1856.	Blaues Licht.			Gelbes Licht.			Rothes Licht.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
22. August	VI.	23,2°	0,793	II.	22,7°	0,801	II.	23,7°	0,724
27. „	VII.	23,5	0,803	—	—	—	III.	25,7	0,731
28. „	IV.	24,2	0,699	I.	23,5	0,662	I.	24,5	0,655
30. „	—	—	—	II.	23,7	0,648	II.	25,5	0,642
1. Septemb.	VI.	24,5	1,007	II.	25,7	0,991	II.	24,0	0,766
6. „	VIII.	20,2	0,923	II.	21,2	0,825	I.	22,0	0,884
10. „	VI.	21,5	0,905	II.	20,2	0,632	IV.	24,0	0,813
11. „	XVIII.	24,0	0,773	I.	21,0	0,798	II.	22,7	0,679
12. „	V.	22,5	0,714	II.	24,0	0,659	I.	21,5	0,670
13. „	VI.	27,5	0,859	II.	24,5	0,723	I.	23,5	0,733
Mittelwerthe	VII,3	23,5°	0,831	I,8	22,9°	0,749	I,9	23,7°	0,729

Tabelle XVIII.

Rana esculenta.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Moleschott.

Tag. 1857.	Weißes Licht.			Blauviolettes Licht.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
8. Juni b.	II.	27,0°	0,818	I.	24,7°	0,912
10. „ w.	II.	20,3	0,625	I.	21,5	0,660
19. „ b.	II.	25,5	0,822	I.	24,9	0,940

Tag. 1857.	Weißes Licht.			Blauviolettes Licht.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
24. Juni b.	III.	24,5°	1,023	I.	23,8°	1,074
25. „ w.	I.	23,3	0,892	I.	25,2	0,832
26. „ b.	II.	25,3	0,928	I.	24,7	0,945
27. „ w.	II.	27,0	0,978	II.	28,6	1,171
14. Juli b.	II.	28,9	1,039	I.	27,1	0,963
15. „ w.	II.	28,4	1,013	I.	28,4	0,882
Mittelwerthe	II.	25,6°	0,904	I,1	25,4°	0,931

Tabelle XIX.

Rana esculenta.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Moleschott.

Tag. 1857.	Rothes Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
16. Juli r.	I.	30,1°	1,144	31,5°	0,794
18. „ d.	I.	27,3	1,238	31,3	1,349
20. „ r.	II.	28,4	1,292	28,0	1,084
21. „ d.	I.	31,4	1,052	30,6	1,085
25. „ r.	II.	34,5	1,205	33,3	1,150
27. „ d.	I.	32,2	1,107	31,6	1,097
28. „ r.	I.	32,2	1,123	28,7	1,141
29. „ d.	II.	31,8	0,875	29,4	1,115
30. „ r.	I.	29,6	1,015	29,6	0,960
31. „ d.	I.	29,8	0,935	27,6	0,816
3. August r.	III.	29,7	1,036	32,6	1,403
4. „ d.	II.	28,4	1,222	30,2	1,183
Mittelwerthe	I,5	30,4°	1,104	30,4°	1,098

Tabelle XX a.
Fringilla canaria.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
3. November	14,2	dunkel	—	14,0°	0,1603
3. „		blau-violettes Licht	I.	13,7	0,1791
3. „		weisses „	I.	14,5	0,2181
5. November	13,4	weisses Licht	III.	14,0	0,1921
5. „		rothes „	I.	15,0	0,2042
27. December	12,7	dunkel	—	11,5	0,1081
27. „		weisses Licht	IV.	11,0	0,1478
27. „		blau-violettes „	II.	11,0	0,1365
27. „		rothes „	I.	12,0	0,1300
28. December	12,8	dunkel	—	12,0	0,1295
28. „		weisses Licht	II.	12,5	0,1732
28. „		rothes „	I.	12,5	0,1416
28. „		blau-violettes „	II.	13,1	0,1318
29. December	13,5	rothes Licht	I.	12,5	0,1535
29. „		blau-violettes „	II.	12,5	0,1819
29. „		dunkel	—	13,0	0,1878
29. „		weisses Licht	II.	13,7	0,1770
1878.					
2. Januar	13,7	blau-violettes Licht	I.	12,0	0,1577
2. „		rothes „	I.	11,1	0,1459
2. „		dunkel	—	12,0	0,1399
3. Januar	13,7	blau-violettes Licht	II.	12,5	0,1951
3. „		weisses „	III.	12,0	0,1902
3. „		dunkel	—	12,0	0,1873

Tabelle XX b.

Fringilla canaria.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.	Weisses Licht.			Blau-violettes Licht.			Rothes Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
3. November	I.	14,5°	36,861	I.	13,7°	30,270	—	—	—	14,0°	27,093
5. „	III.	14,0	34,406	—	—	—	I.	15,0°	36,573	—	—
27. December	IV.	11,0	27,821	II.	11,0	25,694	I.	12,0	24,471	11,5	20,348
28. „	II.	12,5	32,475	II.	13,1	24,712	I.	12,5	26,550	12,0	24,280
29. „	II.	13,7	31,467	II.	12,5	32,338	I.	12,5	27,289	13,0	33,386
1878.											
2. Januar	—	—	—	I.	12,0	27,626	I.	11,1	25,559	12,0	24,507
3. „	III.	12,0	33,320	II.	12,5	34,178	—	—	—	12,0	32,819
Mittelwerthe	II,5	12,9°	32,558	I,7	12,5°	29,136	I.	12,6°	28,088	12,4°	27,072

Tabelle XXI a.

Fringilla domestica A.

Tag. 1878.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
7. Januar	28,6	dunkel	—	12,3°	0,2144
7. „		weisses Licht	III.	12,1	0,3600
7. „		rothes „	I.	12,0	0,2138
7. „		blau-violettes „	I.	12,0	0,3384
10. Januar	27,0	weisses Licht	II.	12,0	0,1878
10. „		dunkel	—	11,5	0,2415
10. „		blau-violettes Licht	II.	11,5	0,3104
10. „		rothes „	I.	12,5	0,2843
16. Januar	26,0	dunkel	—	12,0	0,1734
16. „		weisses Licht	I.	12,0	0,3246
16. „		rothes „	I.	12,0	0,3381
16. „		blau-violettes „	I.	12,7	0,2647
2. Februar	26,0	dunkel	—	10,5	0,1218
2. „		weisses Licht	IV.	11,0	0,3616
2. „		rothes „	II.	13,0	0,2942
2. „		blau-violettes „	VII.	15,0	0,3662

Tabelle XXII a.

Mus decumanus E.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
22. September	120,7	dunkel	—	22,0°	0,2850
22. „		weisses Licht	VIII.	22,0	0,3132
22. „		blau-violettes „	II.	22,5	0,3339
22. „		rothes „	II.	23,0	0,2783
27. September	120,5	dunkel	—	17,5	0,2117
27. „		weisses Licht	IV.	17,7	0,3657
27. „		rothes „	II.	20,0	0,2724
27. „		blau-violettes „	III.	19,5	0,3602

Tabelle XXI b.

Fringilla domestica A.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1878.	Weisses Licht.			Blau-violettes Licht.			Rothes Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
7. Januar	III.	12,1°	30,210	I.	12,0°	28,397	I.	12,0°	17,941	12,3°	17,992
10. „	II.	12,0	16,693	II.	11,0	27,591	I.	12,5	25,271	11,5	21,467
16. „	I.	12,0	29,963	I.	12,7	24,434	I.	12,0	31,209	12,0	16,060
2. Februar	IV.	11,0	33,378	VII.	15,0	33,803	II.	13,0	27,157	10,5	11,250
Mittelwerthe	II,5	11,8°	27,561	II,7	12,7°	28,556	I,2	12,4°	25,394	11,6°	16,692

Tabelle XXII b.

Mus decumanus.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.	Weisses Licht.			Blau-violettes Licht.			Rothes Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
22. September	VIII.	22,0°	6,229	II.	22,5°	6,639	II.	23,0°	5,534	22,0°	5,667
27. „	IV.	17,7	7,284	III.	19,5	7,174	II.	20,0	5,424	17,5	4,216
Mittelwerthe	VI.	19,8°	6,756	II,5	21,0°	6,906	II.	21,5°	5,479	19,7°	4,941

Tabelle XXIII a.

Mus decumanus E.

Am 29. September 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
11. October	126,8	dunkel	—	16,0°	0,2546
11. „		weisses Licht	III.	15,5	0,4050
11. „		rothes „	II.	15,0	0,3240
11. „		blau-violettes „	I.	15,2	0,4360
12. October	129,2	weisses Licht	IV.	14,9	0,2421
12. „		blau-violettes „	II.	17,5	0,2664
12. „		rothes „	II.	19,0	0,4343
13. October	131,5	rothes Licht	I.	16,0	0,2796
13. „		blau-violettes „	I.	16,0	0,4005
13. „		dunkel	—	17,6	0,3127
13. „		weisses Licht	III.	16,6	0,3234
15. October	134,8	blau-violettes Licht	II.	16,0	0,1834
15. „		rothes „	I.	15,4	0,2592
15. „		weisses „	V.	16,6	0,3258
15. „		dunkel	—	17,5	0,3565
16. October	134,8	dunkel	—	16,5	0,2064
16. „		rothes Licht	I.	18,5	0,4568
16. „		blau-violettes „	III.	20,0	0,4460
17. October	134,1	blau-violettes Licht	I.	17,0	0,1760
17. „		rothes „	I.	17,0	0,2892
17. „		weisses „	V.	16,7	0,4300
17. „		dunkel	—	19,0	0,3460
18. October	138,0	weisses Licht	V.	16,2	0,1979
18. „		dunkel	—	17,0	0,2579
18. „		blau-violettes Licht	II.	16,9	0,3882
18. „		rothes „	I.	19,2	0,3533
19. October	134,1	rothes Licht	I.	13,0	0,2316
19. „		blau-violettes „	I.	14,0	0,3848
19. „		weisses „	V.	15,5	0,2648

Tabelle XXIII b.

Mus decumanus E.

Den 29. September 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die nach der Blendung verstrichen.	Weisses Licht.			Blau-violettes Licht.			Rothes Licht.			Dunkel.	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
11. October	12	III.	15,5°	7,666	I.	15,2°	8,252	II.	15,0°	6,133	16,0°	4,819
12. „	13	IV.	14,9	4,497	II.	17,5	4,949	II.	19,0	8,067	—	—
13. „	14	III.	16,6	5,902	I.	16,0	7,309	I.	16,0	5,103	17,6	5,707
15. „	16	V.	16,6	5,801	II.	16,0	3,265	I.	15,4	4,615	17,5	6,347
16. „	17	—	—	—	III.	20,0	7,941	I.	18,5	8,133	16,5	3,675
17. „	18	V.	16,7	7,696	I.	17,0	3,150	I.	17,0	5,176	19,0	6,192
18. „	19	V.	16,2	3,442	II.	16,9	6,751	I.	19,2	6,144	17,0	4,485
19. „	20	V.	15,5	4,739	I.	14,0	6,887	I.	13,0	4,145	—	—
Mittelwerthe	—	IV,3	16,0°	5,678	I,6	16,6°	6,063	I,2	16,6°	5,939	17,3°	5,204

Tabelle XXIV a.

Mus musculus C.

Am 18. August 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
20. August	6,3	dunkel	—	29,0°	0,0699
20. ,,		weisses Licht	V.	29,0	0,0777
20. ,,		dunkel	—	29,6	0,0514
21. August	6,2	dunkel	—	27,6	0,0833
21. ,,		weisses Licht	X.	28,7	0,0794
21. ,,		dunkel	—	30,2	0,0633
22. August	6,4	dunkel	—	29,0	0,0664
22. ,,		weisses Licht	IX.	29,2	0,0575
22. ,,		dunkel	—	29,0	0,0442

Tabelle XXIV b.

Mus musculus C.

Am 18. August 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
24. August	6,5	weisses Licht	VIII.[1])	27,5°	0,0874
24. ,,		blau-violettes ,,	III.	26,1	0,0819
24. ,,		weisses ,,	X.[1])	24,7	0,0816
25. August	6,8	weisses Licht	II.	26,5	0,0746
25. ,,		blau-violettes ,,	I.	26,9	0,0915
25. ,,		weisses ,,	II.	27,9	0,0897
27. August	7,2	blau-violettes Licht	I.	27,2	0,0770
27. ,,		weisses ,,	I.	26,9	0,0780
27. ,,		blau-violettes ,,	I.	27,6	0,0586
11. Septbr.	9,1	blau-violettes Licht	I.	23,0	0,0959
11. ,,		weisses ,,	III.	23,3	0,1227
11. ,,		blau-violettes ,,	II.	24,9	0,0877

[1]) Von den Versuchen im weissen Licht sind nur die vom 24. August ohne Wassermantel angestellt.

Tabelle XXIV a'.

Mus musculus C, geblendet.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Weisses Licht[1]).			Dunkel[2]).	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
20. Aug. d.	2	V.	29,0°	29,600	29,3°	23,105
21. „ d.	3	X.	28,7	30,735	28,9	28,374
22. „ d.	4	IX.	29,2	21,562	29,0	20,737
Mittelwerthe	—	VIII.	29,0°	27,299	29,1°	24,072

Tabelle XXIV b'.

Mus musculus C, geblendet.

Die Kohlensäurewerthe sind für 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Weisses Licht.			Blau-violettes Licht.		
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
24. Aug. w.	6	IX.	26,1°	31,200	III.	26,1°	30,240
25. „ w.	7	II.	27,2	28,999	I.	26,9	32,294
27. „ b.	9	I.	26,9	25,821	I.	27,4	22,444
11. Sept. b.	24	III.	23,3	32,360	I,5	23,9	24,211
Mittelwerthe	—	III,7	25,9°	29,595	I,6	26,1°	27,297

[1]) Die Versuche im weissen Licht wurden ohne Wassermantel ausgeführt.

[2]) Alle Zahlen für die Versuche im Dunkeln sind Mittelwerthe aus je zwei Beobachtungen.

Tabelle XXIV c.

Mus musculus C.

Am 18. August 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
30. August	7,7	dunkel	—	26,5°	0,0766
30. „		rothes Licht	II.	25,6	0,0794
30. „		dunkel	—	26,5	0,0896
31. August	8,0	dunkel	—	27,5	0,0825
31. „		rothes Licht	I.	27,5	0,0748
31. „		dunkel	—	28,0	0,0731
1. Septbr.	9,0	rothes Licht	I.	26,4	0,0905
1. „		dunkel	—	26,0	0,0892
1. „		rothes Licht	III.	27,0	0,0764
3. Septbr.	9,0	rothes Licht	I.	25,0	0,0890
3. „		dunkel	—	25,5	0,0865
3. „		rothes Licht	I.	26,4	0,0872

Tabelle XXIV d.

Mus musculus C.

Am 18. August 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
4. Septbr.	9,3	dunkel	—	23,7°	0,0921
4. „		blau-violettes Licht	I.	25,2	0,1092
4. „		dunkel	—	25,5	0,0749
5. Septbr.	8,5	dunkel	—	24,0	0,0894
5. „		blau-violettes Licht	I.	24,5	0,1074
5. „		dunkel	—	24,7	0,1088

Tabelle XXIV c'.

Mus musculus C, geblendet.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Rothes Licht[1]).			Dunkel[1]).	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
30. Aug. d.	12	II.	25,6°	24,748	26,5°	25,901
31. „ d.	13	I.	27,5	22,740	27,7	23,340
1. Sept. r.	14	II.	26,7	22,253	26,0	23,787
3. „ r.	16	I.	25,7	23,493	25,5	23,067
Mittelwerthe	—	I,5	26,4°	23,308	26,4°	24,024

Tabelle XXIV d'.

Mus domesticus C, geblendet.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Blau-violettes Licht.			Dunkel[2]).	
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
4. Septbr. d.	16	I.	25,2°	28,181	24,6°	21,548
5. „ d.	17	I.	24,5	30,325	24,3	27,981
Mittelwerthe	—	I.	24,8°	29,253	24,4°	24,764

[1]) Die Versuche des 30. und 31. August begannen im Dunkeln und die Zahlen für das Dunkel sind hier Mittelwerthe aus je zwei Beobachtungen; für rothes Licht gilt das Nämliche in Betreff der Versuche am 1. und 3. September.

[2]) Die Zahlen für die Versuche im Dunkeln sind Mittel aus je zwei Beobachtungen.

Tabelle XXIV e.

Mus musculus C.

Am 18. August 1877 mit dem Glüheisen und Aetzkali geblendet.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Beleuchtung.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
12. Septbr.	8,8	blau-violettes Licht	II.	24,1°	0,1143
12. „		rothes „	I.	24,0	0,1127
12. „		blau-violettes „	I.	25,0	0,0973
13. Septbr.	9,1	blau-violettes Licht	I.	24,8	0,0958
13. „		rothes „	I.	25,9	0,1133
13. „		blau-violettes „	II.	26,5	0,1102
14. Septbr.	9,0	rothes Licht	I.	25,0	0,0899
14. „		blau-violettes „	II.	24,4	0,0915
14. „		rothes „	II.	25,6	0,0979
15. Septbr.	9,6	rothes Licht	I.	24,8	0,0967
15. „		blau-violettes „	II.	24,4	0,0994
15. „		rothes „	II.	25,8	0,0945

Tabelle XXIV e'.

Mus musculus C, geblendet.

Die Kohlensäurewerthe sind auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1877.	Zahl der Tage, die seit der Blendung verstrichen.	Blau-violettes Licht[1]).			Rothes Licht[1]).		
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
12. Sept. b.	24	I,5	24,5°	28,854	I.	24,0°	30,736
13. „ b.	25	I,5	25,6	27,160	I.	25,9	29,881
14. „ r.	26	II.	24,4	24,400	I,5	25,3	25,040
15. „ r.	27	II.	24,4	24,850	I,5	25,2	23,900
Mittelwerthe		I,7	24,7°	26,316	I,2	25,1°	27,389

Tabelle XXIV f.

Uebersicht aller an der blinden Hausmaus, Mus musculus C, erhaltenen Werthe.

Die Kohlensäure für 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Dunkel.		Rothes Licht.			Blau-violettes Licht.			Weisses Licht.		
Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
29,3°	23,105	II.	25,6°	24,748	III.	26,1°	30,240	V.	29,0°	29,600
28,9	28,374	I.	27,5	22,740	I.	26,9	32,294	X.	28,7	30,735
29,0	20,737	II.	26,7	22,253	I.	27,4	22,444	IX.	29,2	21,562
26,5	25,901	I.	25,7	23,493	I,5	23,9	24,211	IX.	26,1	31,200
27,7	23,340	I.	24,0	30,736	I.	25,2	28,181	II.	27,2	28,999
26,0	23,787	I.	25,9	29,881	I.	24,5	30,325	I.	26,9	25,821
25,5	23,067	I,5	25,3	25,040	I,5	24,5	28,854	III.	23,3	32,360
24,6	21,548	I,5	25,2	23,900	I,5	25,6	27,160	—	—	—
24,3	27,981	—	—	—	II.	24,4	24,400	—	—	—
—	—	—	—	—	II.	24,4	24,350	—	—	—
Mittelwerthe 26,9°	24,204	I,4	25,7°	25,349	I,5	25,3°	27,296	V,6	27,2°	28,611

[1]) In den beiden ersten Reihen sind die Zahlenangaben im blau-violetten, in den beiden letzten Reihen die für das rothe Licht Mittel aus je zwei Bestimmungen.

Tabelle XXV a.

Hausmaus, Mus musculus A.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
11. Aug.	11,2	25,0°	0,0994	X.	26,0°	0,1014	26,2°	0,0650
14. „	11,5	27,5	0,0810	XI.	27,5	0,1105	27,5	0,0802

Tabelle XXVI a.

Hausmaus, Mus musculus B.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Dunkel.		Licht.			Dunkel.	
		Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
17. Aug.	6,5	27,2°	0,0507	IX.	27,5°	0,0545	28,0°	0,0528
18. „	7,2	27,2	0,0747	IX.	27,5	0,0701	27,7	0,0437

Tabelle XXVII a.

Hausmaus, Mus musculus D.

Tag. 1877.	Gewicht des Thiers.	Licht.			Dunkel.		Licht.		
		Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure in einer Stunde.
19. Sept.	7,1	VIII.	21,5°	0,1278	22,1°	0,0886	VIII.	22,4°	0,0855

Tabelle XXV b.

Hausmaus, Mus musculus A.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
11. August	X.	26,0°	21,728	25,7°	17,614
14. „	XI.	27,5	23,061	27,5	16,803
Mittelwerthe	X,5	26,7°	22,394	26,6°	17,208

Tabelle XXVI b.

Hausmaus, Mus musculus B.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden berechnet.

Tag. 1877.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
17. August	IX.	27,5°	20,123	28,0°	19,107
18. „	IX.	27,5	23,367	27,7	19,733
Mittelwerthe	IX.	27,5°	21,745	27,8°	19,420

Tabelle XXVII b.

Hausmaus, Mus musculus D.

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1877.	Licht.			Dunkel.	
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.
19. Septbr.	VIII.	21,9°	36,050	22,1°	28,901

Tabelle XXVIII.

Uebersicht der Verhältnisszahlen für die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt, für sehende und blinde Thiere.

Zustand der Thiere.	Thierart.	Dunkel.	Roth.	Blau-violett.	Weiss.
Unversehrt	Frosch	100	100,5	115	112
	Kanarienvogel	100	104	108	120
	Sperling	100	152	171	165
	Mittelwerthe für die Vögel	100	128	139	142
	Wanderratte	100	111	140	137
Blind	Wanderratte	100	114	116	109
	Maus	100	105	113	118
	Mittelwerthe für die blinden Säugethiere	100	109	114	113

Tabelle XXIX a.

Ranae esculentae.

Blaues Licht mit blauem Glase[1]).

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	IV.	24,2°	0,699	VI.	23,2°	0,793
	V.	22,5	0,714	VI.	24,5	1,007

[1]) Vergl. Tabelle XVII.

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	—	—	—	VI.	21,5°	0,905
	—	—	—	VI.	27,5	0,859
	—	—	—	VII.	23,5	0,803
	—	—	—	VIII.	20,2	0,923
	—	—	—	XVIII.	24,0	0,773
Mittelwerthe	IV,5	23,3°	0,706	VIII.	23,5°	0,866

Tabelle XXIX b.

Ranae esculentae.

Rothes Licht mit rothem Glase[1]).

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I.	24,5°	0,655	II.	23,7°	0,724
	I.	22,0	0,884	II.	25,5	0,642
	I.	21,5	0,670	II.	24,0	0,766
	I.	23,5	0,733	II.	22,7	0,679
	I.	30,1	1,144	II.	28,4	1,292
	I.	27,3	1,238	II.	34,5	1,205
	I.	31,4	1,052	II.	31,8	0,875
	I.	32,2	1,107	II.	28,4	1,222
	I.	32,2	1,123	III.	25,7	0,731
	I.	29,6	1,015	III.	29,7	1,036
	I.	29,8	0,935	IV.	24,3	0,726
Mittelwerthe	I.	27,6°	0,960	II,4	27,1°	0,900

[1]) Vergl. die Tabellen XVII und XIX.

Tabelle XXIX c.

Ranae esculentae.

Gelbes Licht mit gelbem Glase.

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I.	23,5°	0,662	II.	22,7°	0,801
	I.	21,0	0,798	II.	23,7	0,648
	—	—	—	II.	25,7	0,991
	—	—	—	II.	21,2	0,825
	—	—	—	II.	20,2	0,632
	—	—	—	II.	24,0	0,659
	—	—	—	II.	24,5	0,723
Mittelwerthe	I.	22,2°	0,730	II.	23,1°	0,754

Tabelle XXX.

Ranae esculentae.

Weisses und blau-violettes Licht (Kupferlösung)[1]).

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I. w.	23,3°	0,892	II. w.	27,0°	0,818
	I. b.	24,7	0,912	II. w.	20,3	0,625
	I. b.	21,5	0,660	II. w.	25,5	0,822

[1]) Vergl. Tabelle XVIII. Der Buchstabe w hinter dem Lichtgrad bedeutet, dass die Zahlen bei weissem Licht, b, dass sie bei blau-violettem Licht, mit dem Mantel der ammoniakalischen Lösung von schwefelsaurem Kupfer um den Thierbehälter, erhalten sind.

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I. b.	24,9°	0,940	II. w.	25,3°	0,928
	I. b.	23,8	1,074	II. w.	27,0	0,978
	I. b.	25,2	0,832	II. w.	28,9	1,039
	I. b.	24,7	0,945	II. w.	28,4	1,013
	I. b.	27,1	0,963	II. w.	28,6	1,171
	I. b.	28,4	0,882	III. w.	24,5	1,023
Mittelwerthe	I.	24,8°	0,900	II.	26,2°	0,935

Tabelle XXXI.

Sperling.

Weisses und blau-violettes Licht (Lösung) [1].

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I. w.	12,0°	29,963	III. w.	12,1°	30,210
	I. b.	12,0	28,397	IV. w.	11,0	33,378
	I. b.	12,7	24,434	VII. b.	15,0	33,803
	II. w.	12,0	16,693	—	—	—
	II. b.	11,0	27,591	—	—	—
Mittelwerthe	I,4	11,9°	25,416	IV,5	12,7°	32,464

[1]) Vergl. Tabelle XXI b. In dieser Tabelle bedeutet w weisses, b blau-violettes Licht.

Tabelle XXXII a.

Blinde Wanderratte.

Rothes und blau-violettes Licht (Lösungen)[1]).

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I. b.	15,2°	8,252	II. b.	17,5°	4,949
	I. b.	16,0	7,309	II. b.	16,0	3,265
	I. b.	17,0	3,150	II. b.	16,9	6,751
	I. b.	14,0	6,887	II. r.	15,0	6,133
	I. r.	16,0	5,103	II. r.	19,0	8,067
	I. r.	15,4	4,615	III. b.	20,0	7,941
	I. r.	18,5	8,133	—	—	—
	I. r.	17,0	5,176	—	—	—
	I. r.	19,2	6,144	—	—	—
	I. r.	13,0	4,145	—	—	—
Mittelwerthe	I.	16,1°	5,891	II,2	17,4°	6,184

Tabelle XXXIII.

Blinde Maus.

Weisses und blau-violettes Licht[2]).

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	I. w.	26,9°	25,821	III. w.	23,3°	32,360
	I. b.	26,9	32,294	III. b.	26,1	30,240
	I. b.	27,4	22,444	V. w.	29,0	29,600
	I. b.	25,2	28,181	IX. w.	29,2	21,562
	I. b.	24,5	30,325	IX. w.	26,1	31,200
	I. b.	23,9	24,211	X. w.	28,7	30,735
	I. b.	24,5	28,854	—	—	—
	I. b.	25,6	27,160	—	—	—
	II. w.	27,2	28,999	—	—	—
	II. b.	24,4	24,400	—	—	—
	II. b.	24,4	24,850	—	—	—
Mittelwerthe	I,4	25,5°	27,049	VI,5	27,1°	29,283

[1]) Vgl. Tabelle XXIII b. Der Buchstabe b bedeutet, dass die Versuche in blau-violettem Licht, r, dass sie in rothem Licht gemacht sind.

[2]) Vgl. die Tabellen XXIV a', XXIV b', XXIV d', XXIV e'. Der Buchstabe w bedeutet weisses, b blau-violettes Licht.

Tabelle XXXII b.

Blinde Wanderratte.

Weisses Licht[1]).

	Niedere Lichtgrade.			Höhere Lichtgrade.		
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.
	III.	15,5°	7,666	IX.	19,1°	4,832
	III.	16,6	5,902	IX,5	18,2	5,223
	IV.	14,9	4,497	X.	16,5	7,779
	V.	16,6	5,801	XI.	17,0	6,240
	V.	16,7	7,696	—	—	—
	V.	16,2	3,442	—	—	—
	V.	15,5	4,739	—	—	—
Mittelwerthe	IV,3	16,0°	5,678	X.	17,7°	6,018

Tabelle XXXIV.

Bufo cinereus[2]).

Die Kohlensäurewerthe auf 100 Gramm und 24 Stunden zurückgeführt.

Tag. 1876.	Licht.			Dunkel.		Tag. 1876.
	Lichtgrad.	Wärme.	Kohlensäure.	Wärme.	Kohlensäure.	
17. October	VII.	19,3°	0,331	18,7°	0,331	18. October
25. „	VI.	16,6	0,330	18,2	0,225	19. „
26. „	VII.	16,2	0,284	18,2	0,303	20. „
30. „	VII.	15,0	0,299	15,2	0,175	28. „
31. „	VI.	14,8	0,200	11,2	0,108	29. „
Mittelwerthe	VI,6	16,4°	0,289	16,3°	0,228	

[1]) Vergl. die Tabellen XXIII b und VII b.

[2]) Die Kröte war sehr gross und wog durchschnittlich 250 Gramm.

Inhaltsverzeichniss

zur Abhandlung von Jac. Moleschott und S. Fubini.

Seite

I. Historischer Ueberblick und Fragestellung 266

II. Ueber den Einfluss gemischten Lichts auf die Kohlensäureausscheidung bei augenlosen Thieren 286

1. Methode 286

2. Versuche an Fröschen 292

3. Versuche an Vögeln 307

4. Versuche an Säugethieren 313

III. Ueber den Einfluss gemischten Lichts auf die Kohlensäureausscheidung der Gewebe 325

IV. Ueber den Einfluss farbigen Lichts auf die Kohlensäureausscheidung der Thiere 335

1. Geschichtliche und kritische Vorbemerkungen . . 335

2. Versuche mit Rana esculenta 343

3. Versuche an Vögeln 351

4. Versuche an Säugethieren 355

5. Versuche an blinden Säugethieren 361

6. Einfluss der chemischen Lichtstärke auf die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure 368

V. Rückblick und Ergebniss 373

Tabellen . . . . . 392—427

Errata corrige.

S. 301, Zeile 5 von oben lies:

1,119 : 1,204 = 100 : 108,

statt 628 : 676 = 100 : 108.

XIV.

Ueber die Bildung und Rückbildung des Callus bei den Brüchen der Röhrenknochen.

Beobachtungen und Versuche

von

Dr. **Daniele Bajardi,**
Assistent an der Augenklinik und Privatdocent der Chirurgie an der Universität zu Turin.

(Aus dem Laboratorium für experimentelle Pathologie, unter Leitung des Prof. J. Bizzozero[1]*).*

Die bisherigen Untersuchungen der Autoren über die Bildung und Rückbildung des Callus hatten so widersprechende Ergebnisse geliefert, dass es uns lohnend schien, weitere Nachforschungen über diesen Gegenstand vorzunehmen.

Indem wir hinsichtlich der Geschichte und Literatur des Gegenstandes auf die neuesten Arbeiten von Hofmokl[2]), Lossen[3]) und Maass[4]) verweisen, wollen wir sofort an die Mittheilung unserer Ergebnisse schreiten. Wir stellten unsere Versuche an jungen (3—4 Monate alten) Kaninchen an und untersuchten überdies sowohl frischen als trocknen Callus vom Menschen. Zur Decalcination bedienten wir uns bald der Chromsäure, nach vorgängigem 7tägigem Liegenlassen des Knochens in 2procentiger Lösung von doppelt-chromsaurem Ammoniak, bald der Salzsäure nach dem Verfahren von Ebner (1. Anwendung einer in der Kälte gesättigten NaCl-Lösung mit gleichem Volum Wasser und so viel HCl, als zur Lösung der Kalksalze des Knochens genügt; 2. anhaltende Behandlung des letzteren mit Quellwasser und nachheriges Zurücklegen in die gesättigte NaCl-Lösung, unter Zusatz eines halben Volums Wasser; 3. Neutralisiren dieser

[1]) Mittheilung, gemacht in der königl. Akademie der Medicin zu Turin am 7. Februar 1879.

[2]) Hofmokl, Ueber Callusbildung. Stricker's Jahrbücher 1874.

[3]) H. Lossen, Ueber Rückbildung des Callus. Virchow's Archiv. Bd. 55.

[4]) H. Maass, Ueber das Wachsthum und die Regeneration der Röhrenknochen mit besonderer Berücksichtigung der Callusbildung. Langenbeck's Archiv f. klin. Chirurgie. Bd. XX., 4. Heft.

Lösung mit sehr verdünnter Ammoniak-Solution, in dem Maasse, als erstere eine saure Reaction annimmt).

Von diesen beiden Methoden scheint die erstere zur Erforschung der frühesten Veränderungen an den zelligen Elementen des Periostes und des Knochenmarkes den Vorzug zu verdienen; die andere dagegen eignet sich besser zur Untersuchung der Grundmasse des Knochens.

Die mit einem Rasirmesser dargestellten und bald mit Hämatoxylin, bald mit Carmin, bald endlich mit Purpurin gefärbten Schnitte wurden, sei es in einer Mischung von gleichen Theilen Wasser und Glycerin, sei es in blossem Wasser, untersucht. — Die Bilder wurden mittelst einer Camera lucida gezeichnet.

Wir theilen vorliegende Arbeit in zwei Abschnitte, wovon der erste den Entwickelungsprocess, der zweite den Vorgang der Rückbildung des Callus behandelt.

Entwickelungsgeschichte des Callus.

Die frühesten, durch die traumatische Reizung hervorgerufenen Veränderungen beginnen in der tiefen Schicht des Periosts. Dieses erscheint geschwollen und verdichtet, und schon nach Ablauf von 24 Stunden nimmt man darin eine Zahlvermehrung ihrer zelligen Gebilde wahr. Letztere sind von verschiedener Gestalt: rund, oval, spindelförmig, vieleckig, und besitzen 1—4 Kerne. Einige Zellen weisen protoplasmatische Fortsätze auf, zu einer Art unregelmässigen Reticulums verbunden, in dessen Maschenräumen kleine, runde, den weissen Blutkörperchen ähnliche Zellen eingebettet sind.

An Zupf-Präparaten erscheinen viele dieser Zellen des tiefen Stratums, wenn man sie isolirt und zwar in Frontalsicht betrachtet, abgeflacht, unregelmässig polyedrisch. Stehen sie aber gruppenweise, so erscheinen sie unter einander durch Intercellularsubstanz verkittet, die sich in Gestalt einer dunkleren, die Grenze zwischen je zwei Zellen bildenden Linie präsentirt.

Nicht eben selten trifft man auch Zellen mit länglichem, in der Mitte biscuitförmig eingeschnürtem Kerne, sowie andere an, worin die Spaltung des Kernes beinahe vollbracht ist. Ueberdies bewirkt man sowohl in der oberflächlichen als in der tiefen (osteoblastischen)

Schicht des Periostes, und zwar meist in geringer Entfernung von der Bruchfläche, eine reichliche Infiltration von Blutkörperchen, deren Gegenwart zuweilen die eigenen Elemente der Beinhaut verdeckt.

Auf dieses Stadium, das man als das der Zellen-Wucherung oder richtiger der zelligen Infiltration bezeichnen könnte, folgt später (52 Stunden nach der Verletzung) ein Stadium der Differenzirung, sowohl der zelligen Elemente, als der Grundsubstanz der osteogenetischen Schicht.

Diese Differenzirung sieht man in verschiedener Weise von Statten gehen, je nachdem man sie in der Nähe der Bruchstelle oder in grösserer Entfernung von derselben verfolgt. In der Nähe nehmen die Zellen, die fast sämmtlich oval oder spindelförmig sind, eine feinere Granulirung an; einige zeigen einen etwas dunkeln Saum, der im Umkreise des Zellenkörpers eine schmale durchsichtige Zone begrenzt; alle aber sind in einer helleren, homogeneren Grundsubstanz eingebettet. Weiter von der Bruchfläche dagegen finden wir eine weniger helle, stärker granulirte oder punktirte Grundsubstanz vor, hier und dort streckenweise von Kanälchen durchsetzt, welche meistens in Hohlräume münden, worin eine oder mehrere Zellen eingeschlossen sind. Diese Grundsubstanz gewinnt das Ansehen einer osteoïden. Auch die darin enthaltenen zelligen Elemente bieten die Merkmale osteoïder Zellen dar, sind mit kurzen aber starken Fortsätzen versehen und regellos vertheilt, bald vereinzelt, bald zu 2—4 in einem Hohlraume eingeschlossen, von welchem dünne Kanälchen ausgehen, die mit anderen, von benachbarten Hohlräumen herrührenden Kanälchen anastomosiren (Fig. 1).

Wenn wir uns noch mehr von der Bruchstelle entfernen, so treffen wir stellenweise Reihen unregelmässig polyedrischer Zellen an, welche epithelartig die Seiten von Streifen oder Bälkchen einer verkalkten Grundsubstanz auskleiden (Fig. 2).

Diese Streifen oder Bälkchen erscheinen unregelmässig gestreift oder punktirt, enthalten in ihrem Inneren keine Zellen und haben vollkommen das Ansehen von verkalkten Bindegewebsbündeln. Doch auch bei den stärksten Vergrösserungen (Ocul. 4, Object. Immersionslinse 10 Hartnack's) gelingt es nicht zu entscheiden, ob sie wirklich einen faserigen Bau besitzen.

Ihr Ansehen indessen, ihr continuirlicher Zusammenhang mit der an die Knochenrinde stossenden Zone osteoïder Substanz, ihre regelmässige Auskleidung mit Osteoblasten und endlich der Umstand, dass sie sich in gleicher Weise wie die osteoïde Substanz gegen färbende Mittel verhalten, alles das lässt keinen Zweifel darüber, dass es sich hier um werdende Knochenbälkchen handelt.

Nur wenig später (60 Stunden) sind diese rudimentären Bälkchen schon deutlicher ausgebildet, breiter und enthalten auch schon in ihrem Inneren einige osteoïde Zellen. Sie gehen jedesmal von der Knochenrinde aus, und indem sie fast ohne Ausnahme dem Verlaufe der Gefässe folgen, dringen sie inmitten der osteogenetischen Schicht vor, woselbst sie entweder frei endigen oder sich mit anderen verbinden und auf solche Weise breite Räume begrenzen, welche die erste Anlage der Markräume des Callus darstellen. Die Zellen der übrigen osteogenetischen Schicht, die auf der Grenze der osteoïden Zone oder in unmittelbarer Nähe der rudimentären Trabekeln stehen, haben noch keine morphologische Umwandlung erfahren; ja, sie bewahren öfters auch dann noch ihre ursprüngliche Gestalt, wenn sie bereits, mit der fortschreitenden Verkalkung der Grundsubstanz, nach und nach in den Lücken oder Höhlungen des entstandenen Knochengewebes eingeschlossen worden sind.

Die fibröse Schicht des Periostes erleidet, bis auf eine Infiltration mit Wanderzellen und rothen Blutkörperchen, keine nennenswerthe Veränderung.

Im Knochenmarke erfolgt, längs der Innenschicht der Knochenrinde, eine Zahlverminderung oder gar ein totaler Schwund der Fettzellen und ein Ersatz derselben durch runde, ovale oder spindelförmige Zellen, welche dieser peripherischen Zone des Knochenmarkes ein faseriges Ansehen verleihen, während der übrige Theil des letzteren die Merkmale rothen, jungen Markes beibehält.

Die Rindensubstanz des Knochens bleibt bisher unverändert.

Etwas später (4. Tag), während in grösserer Entfernung von der Bruchstelle zahlreiche und breite Bälkchen die osteogenetische Schicht des Periostes durchsetzen und in eine entsprechende Anzahl vasomedullärer Territorien theilen, bemerken wir in dieser selben Schicht, aber

in der Nähe der Bruchfläche, eine Anhäufung von Knorpelzellen, denen des fötalen Knorpels ähnlich und in hyaline Grundsubstanz eingebettet.

Diese letztere wird von starren, geraden oder kaum welligen Fasern durchsetzt, die sich bis zur Knochenrinde verfolgen lassen und sich gegen chemische Reagentien ganz wie elastische Fasern verhalten, indem sie nicht nur der Einwirkung der Säuren widerstehen, sondern auch nach sehr langem Verweilen des Schnittes in 36procentiger Kali-Lösung unversehrt bleiben (Fig. 10).

Um dieselbe Zeit erfolgt eine bedeutende Veränderung im Knochenmarke. In grösserer Entfernung von der Bruchfläche bildet sich längs der Medullarfläche der Knochenrinde eine Schicht osteoïder Substanz und treten hier und dort einige spärliche Bälkchen auf. In der Nähe der Bruchstelle dagegen ereignet sich (in der nämlichen peripherischen Lage des Markes) folgende Umgestaltung. Die ovalen und spindelförmigen Elemente, die auf einer weniger vorgerückten Entwickelungsstufe, durch ihr numerisches Uebergewicht über die runden Zellen, den peripherischen Lagen des Knochenmarkes ein faseriges Gefüge ertheilten, haben jetzt schärfere Contouren bekommen und liegen in einer Grundsubstanz von hyalinem Ansehen. Ausserdem zeigen einige dieser Zellen in ihrem Umkreise bereits einen hellen und glänzenden Hof, dessen Aussenrand oder Contour zwar angedeutet ist, sich aber nicht scharf gegen die umgebende hyaline Grundsubstanz absetzt: ein Zeichen, dass sich bereits um diese Zellen herum eine Knorpelkapsel entwickelt (Fig. 3).

Kurzum, wir sehen im Knochenmarke am 4. Tage dasselbe erfolgen, was sich im Periost schon nach 52—60 Stunden ereignet hatte: weiter von der Bruchstelle — Knochenneubildung; in der Nähe — Neubildung von Knorpelsubstanz.

Die um diese Zeit auf Kosten des Markes eingeleitete Neubildung von Knorpelgewebe können wir noch besser an Präparaten von weniger frischen Brüchen verfolgen.

Wenn wir nämlich am 6. oder 7. Tage, nachdem sich im Marke bereits ein vollkommenerer Knorpelcallus gebildet hat, aufmerksam die auf der Grenze zwischen dem inneren Callus und dem übrigen

Markgewebe befindlichen zelligen Elemente betrachten, so können wir, neben typischen Knorpelzellen und mitten zwischen den runden Markzellen, ovale Zellen bemerken, welche schärfere Contouren erhalten haben und um welche herum die hyalin gewordene Grundsubstanz einen hellen, durchsichtigen, glänzenden und scharf-contourirten Hof belässt.

Es ist demnach unzweifelhaft, dass es sich hier wirklich um eine Umwandlung des medullären Bindegewebes in Knorpelgewebe handelt.

In dem Maasse als sich diese Umwandlung ausbreitet, sehen wir die normalen Zellenelemente des Markes — d. h. die runden Markzellen, die Riesenzellen mit sprossenden Kernen, die zahlreichen Blutkörperchenhaltigen Zellen und die Fettzellen — den Knorpelzellen Platz machen.

Nicht selten jedoch sieht man einige jener Elemente, zwischen den Knorpelzellen eingeschlossen, sehr lange unverändert verbleiben. Besonders geschieht dieses mit den Fettzellen, welche, indem sie auch nach vollständiger Verknöcherung des Knorpelcallus fortbestehen, sich zuletzt von Knochenbälkchen umgeben finden: ein Umstand, der nebst einigen anderen, wie wir später sehen werden, in Betreff der Entwickelungsgeschichte des Knochengewebes zu manchen Deutungen Veranlassung gegeben hat, denen wir uns auf keinen Fall anschliessen können.

Während im Periost und im Marke diese Umgestaltungen vor sich gehen, verbleibt die Knochenrinde anfangs unverändert. Späterhin erfährt dieselbe eine Rarefaction, die namentlich in der Nähe der beiden Bruchflächen bemerklich ist, woselbst die durch die lacunäre Resorption enorm erweiterten Haversischen Kanälchen mit breiter trichterförmiger Oeffnung münden.

Doch an der Oberfläche sowohl als in der Substanz der Knochenrinde haben bisher die Knochenzellen weder in Form und Ansehen noch im Umfange irgend eine Veränderung erfahren.

Dafür haben wir an einem 7tägigen Callus in dem Verhalten der der Bruchfläche anliegenden Knochensubstanz folgende Eigenthümlichkeit wahrgenommen.

Die Grundsubstanz erschien längsstreifig, und die leicht welligen Streifen derselben endigten zum Theil in einer, zwischen den beiden Bruchstücken angehäuften körnigen Substanz, während sie sich anderen-

theils unmerklich in der Grundsubstanz des äusseren Knorpelcallus verloren, so dass es auch bei starker Vergrösserung unmöglich war zu entscheiden, wo die Grundsubstanz des alten Knochens endigte und wo die des neugebildeten Knorpels begann. Diese auf die Bruchenden beider Knochenfragmente beschränkte streifige Zeichnung ist unmöglich mit jener scheinbaren Streifung zu verwechseln, die von den feinsten Sprüngen der Knochenrinde herrühren. Denn erstens sind solche auf Splitterung beruhende Scheinstreifen gerader, derber, breiter; und ferner pflegen sie Körnchen und mitunter auch verlängerte und verdünnte Bindegewebszellen zu enthalten, welche dorthin von der zwischen den Bruchenden liegenden Masse aus hineinwandern. — Wir bemerken nur noch, dass die erwähnte streifige Beschaffenheit der Grundsubstanz und ihre Armuth an Knochenzellen den Endstücken beider Knochenfragmente das Ansehen osteomalacischen Knochens verlieh.

Mit der fortdauernden Neubildung von Knochen- und Knorpelgewebe wird an der Bruchstelle ein doppelter, theils inner-, theils ausserhalb der Knochenrinde gelegener Ring zu Stande gebracht, wodurch die Knochenenden gegen einander fixirt werden. In der Folge gewinnen die beiden neugebildeten Gewebe immer mehr an Vollkommenheit: das osteoïde Gewebe erhält nach und nach die Beschaffenheit genuinen Knochens und das Knorpelgewebe die von fertigem hyalinem Knorpel, wobei jedoch in letzterem noch immer, wenn auch in geringerer Anzahl, die oben erwähnten, scharfcontourirten, starren, elastischen Fasern erhalten bleiben, die wenigstens eine Zeit lang den Dienst zu leisten scheinen, dass sie den Knorpel des Callus fester mit der Knochenrinde verbinden. Indessen zeigen diese Fasern nicht mehr ihre charakteristischen Spiralwindungen, weil sie in einem derben Gewebe, wie es der fertige Knorpel ist, eingeschlossen sind und sich daher ihre Elasticität nicht äussern kann.

Diese Umwandlung fötalen Knorpels in fertiges Knorpelgewebe beginnt hier und dort, an einzelnen Centralpunkten des Knorpelcallus, und dehnt sich nach und nach auf dessen ganze Masse aus. Doch müssen wir gleich bemerken, dass der Knorpel des Callus keineswegs allenthalben die gleiche Beschaffenheit darbietet. Vielmehr sehen wir,

dass an der Grenze zwischen dem äusseren Knorpelcallus und der Faserschicht des Periosts die Knorpelzellen allmälig ihre rundliche Form verlieren, eine längliche, fast spindelförmige Gestalt annehmen, in eine von Bindegewebsfibrillen durchsetzte Grundsubstanz eingebettet liegen und dieser Portion des Callus ein faseriges Ansehen verleihen. Dieser Formabweichung entspricht, wie wir später sehen werden, ein verschiedener Ossificationsmodus des Knorpels.

Ist einmal die Umwandlung des fötalen Knorpels in fertigen erfolgt, so beginnt eine Vascularisation dieses letzteren. Er wird hier und dort von spärlichen Gefässräumen durchsetzt, in deren Umkreise die Grundsubstanz feinkörnig, gleichsam punktirt erscheint und sich im Gegensatze zur übrigen Grundsubstanz durch Carmin stark färbbar erweist. Die die Masse des Knorpelcallus durchsetzenden Gefässe stammen theils aus der Faserschicht der Beinhaut oder aus den benachbarten Weichtheilen, theils aus den Markräumen des naheliegenden Knochencallus, während einige andere vermuthlich bereits in dem Gewebe präexistirten, auf dessen Kosten sich der Knorpel entwickelt hat. Diese Vascularisation ist der Vorläufer des Verknöcherungsprocesses im Knorpel. Zuerst verkalkt die Grundsubstanz im Umkreise der Gefässräume; sodann öffnen sich die Kapseln der Knorpelzellen, und diese, nachdem sie frei geworden, wandeln sich in Markzellen um, wovon die einen als solche fortbestehen, während andere zu Osteoblasten und endlich zu Knochenzellen werden. Wirklich auffällig ist zuweilen der Reichthum an vasculären und vaso-medullären Räumen, die den Callus in der Ossifications-Linie oder -Zone durchsetzen. In solchen Fällen haben wir neben den Gefässen und den um dieselben herumliegenden Markzellen öfters grosse rundliche Zellen gesehen, deren Protoplasma so körnchenreich war, dass hierdurch die Anwesenheit von Zellenkernen verdeckt wurde. Solche Zellen sind bereits von Waldeyer bei der Verknöcherung des Knorpels beschrieben worden, und sie stellen vermuthlich zukünftige Osteoclasten dar, da man sie etwas später in den Markräumen des schon verknöcherten und in Resorption begriffenen Knorpelcallus antrifft.

Ausser dieser mittelbaren Verknöcherung, die in grösserem Maass-

stabe im äusseren und inneren Knorpelcallus stattfindet, haben wir auch sehr oft eine unmittelbare oder directe beobachtet. Dieselbe kommt vorzüglich in jener Zone des äusseren Knorpelcallus vor, die an die fibröse Schicht der Beinhaut grenzt und, wie wir vor Kurzem erwähnten, aus verlängerten, fast spindelförmigen Knorpelzellen besteht. Es erfolgt dort nämlich sehr bald die Verkalkung der Grundsubstanz, und die darin eingeschlossenen zelligen Elemente nehmen die Form und das Ansehen osteoïder Zellen an. Man könnte einwenden, dass es sich hier um eine directe Verknöcherung der Bindegewebszellen des Periostes handle; doch abgesehen davon, dass wir diesen directen Verknöcherungsvorgang Schritt für Schritt, von den mehr centralen Theilen an bis zur peripherischen Zone des äusseren Knorpelcallus verfolgt haben, müssen wir noch sofort nachtragen, dass die gleichen Hergänge, und zwar noch deutlicher, auch in dem an den inneren Knochencallus anstossenden Theile des markständigen Knorpelcallus vorkommen, obgleich sich dort keine Bindegewebszellen der Faserschicht des Periostes vorfinden (Fig. 4).

Eine derartige directe Verknöcherung des Knorpels erfolgt bald in grösserer Entfernung von den Blutgefässen, bald im Umkreise derselben. Auch beobachtet man nicht selten gleichzeitig, in ein und demselben Theile des Knorpels, beide Ossificationstypen. Bei der mittelbaren Verknöcherung haben wir gesehen, dass im Umkreise der medullären Räume, und zwar genau dort, wo dieselben an die Knorpelsubstanz grenzen, die Markzellen erst zu Osteoblasten und sodann zu Knochenzellen werden, weshalb diese Räume zuletzt von einer Zone Knochensubstanz umgeben erscheinen. Nun kommt es nicht selten vor, dass in den Knorpelpartieen, die zwischen mehreren derartigen medullären Räumen liegen, eine directe Ossification des Knorpels stattfindet, die entweder in gewöhnlicher Weise oder aber folgendermassen vor sich geht: die Grundsubstanz verkalkt; die ihrer Form und Grösse nach unverändert bleibenden Knorpelzellen verlieren ihre Kapsel, welche dasselbe Schicksal erfährt, wie die Grundsubstanz; der Zelleninhalt verliert das körnige Ansehen seines Protoplasma, wird homogen und beinahe der Grundsubstanz ähnlich, so dass man

glauben könnte, man habe verkalkte Knorpelzellen inmitten einer gleichfalls verkalkten Grundsubstanz vor sich. Derartig modificirte Zellen haben wir sogar in altem Callus (von Kaninchen), nach 40, 60, 96 Tagen, angetroffen — zu einer Zeit also, wo bereits der grösste Theil des Callus resorbirt war — und auch dann unterschieden sich die betreffenden Knorpel-Districte vom übrigen Knochengewebe nur durch die Gegenwart grosser runder Zellen mit homogenem Protoplasma und sternförmigem Kerne, während die Grundsubstanz, worin sie lagen, vollkommen der der übrigen Knochenmasse glich. Dieser Verknöcherungsmodus kann als eine Varietät der directen oder metaplastischen Ossification angesehen werden und zeigt grosse Aehnlichkeit mit dem zuerst von Köllik er bei der Rhachitis beschriebenen Hergange.

Während der Vascularisation und Verknöcherung des Knorpels trifft man, ausser den von Knochenbälkchen umgebenen Gefässräumen und blut-markigen Räumen, auch Räume von verschiedener Grösse und meist unregelmässiger, zackiger Gestalt an, in denen man keine Gefässe, sondern nur Markzellen sieht. Letztere werden offenbar von benachbarten wuchernden Knorpelzellen, deren Kapsel eben auf der diesen Hohlräumen zugekehrten Seite geplatzt ist, in dieselben hineingesandt. Im Gegensatze zu den gefässführenden, sind solche Markräume noch von keiner Knochenneubildung umgeben (Fig. 5).

Unter den verschiedenen Veränderungen, welche die Knorpelsubstanz in bereits sehr vorgeschrittenen Perioden erfährt, spielt auch die Atrophie ihrer Zellen eine Rolle. Die letzteren schrumpfen und verkleinern sich, bald gleichmässig in ihrem ganzen Umfange, bald nur auf einer Seite, weshalb sie im ersteren Falle ihre rundliche Form beibehalten, während sie im zweiten eine halbmondförmige Gestalt annehmen. Zuweilen aber verengt sich die Knorpelhöhlung nicht, sondern es schwindet oder vermindert sich erheblich deren Inhalt, weshalb man dann innerhalb einer Knorpelkapsel von gewöhnlicher Grösse einen von kaum einigen Protoplasmakörnchen umgebenen Kern liegen sieht.

Zuletzt schwindet auch die Kapsel und alsdann finden sich, als Ueberbleibsel der Zellen, nur noch kleine, in der hyalinen Grundsubstanz zerstreute Körnchenhaufen vor. — Hinsichtlich der Art und Weise, wie

die Knorpelzellen schwinden, erwähne ich endlich noch folgendes Vorkommniss, das man übrigens nur selten zu beobachten Gelegenheit hat.

Wir sahen nämlich in einigen Zellen das feingranulirte Protoplasma gleichmässig rundherum an die innere Wand der Kapsel angedrückt, so dass es daselbst einen concentrischen und ziemlich dunkeln Ring bildete, während der ebenfalls feinkörnige Kern unversehrt in der Mitte der Knorpelhöhlung verblieb. Jener aus feinsten Körnchen bestehende Ring verdünnte sich späterhin bis zum Verschwinden; der Kern wurde immer undeutlicher und verschwamm später gänzlich; die noch einige Zeit fortbestandene Kapsel verstrich zuletzt ebenfalls, und an Stelle der früheren Zelle fand sich dann nichts mehr als homogene Grundsubstanz. Wir wüssten nicht zu entscheiden, ob es sich hier um eine Art Atrophie oder um eine eigenthümliche Degeneration der Knorpelzellen handle. Der Modus ihres Schwundes spricht dafür, dass die betreffenden Zellen denen ähnlich sind, die sich nach Hofmokl in Grundsubstanz verwandeln (Fig. 5).

Während der Knorpelcallus Gefässe bekommt und zu Knochen wird, gelangt auch seinerseits der Knochencallus auf eine höhere Entwicklungsstufe. Seine Bälkchen verlieren die Beschaffenheit eines osteoïden Gewebes, nehmen die von ächtem Knochengewebe an, wachsen durch Apposition neuer Knochensubstanz heran und erhalten überdies einen lamellösen Bau. Zu gleicher Zeit sieht man die zwischen den Bruchenden eingeschaltete Masse, die anfangs aus extravasirtem Blut, Markzellen und Elementen der osteogenetischen Schicht der Beinhaut bestand, nach und nach schwinden, um einer neuen Knorpelbildung Platz zu machen, welche theils von dem äusseren und inneren Knorpelcallus, theils von den Bindegewebskörperchen ausgeht, die sowohl im Blutextravasat als in den auf beiden Bruchflächen mündenden, erweiterten Haversischen Kanälchen enthalten waren. Späterhin wird auch der Knorpel dieses intermediären Callus von blutmarkigen Räumen durchsetzt und in Knochen verwandelt. Die ersten Spuren der Verknöcherung treten in den den Bruchflächen näher gelegenen Theilen des intermediären Callus auf. Eine sichtbare Verbindungslinie (Kittlinie) bezeichnet fast immer die Grenze

zwischen der neugebildeten Knochenmasse und der Substanz der alten Knochenrinde, von welcher sich das neoformirte Knochengewebe jedenfalls dadurch unterscheidet, dass seine Zellen grösser und mit ihrem längsten Durchmesser immer senkrecht zur Knochenrinde gestellt sind. Zuweilen jedoch geht die Substanz dieser letzteren unmerklich in die Knorpelsubstanz des intermediären Callus über und ist die Continuität unter beiden so vollkommen, dass man bei einem Präparate, von dessen Abstammung man nicht vorhin unterrichtet wäre, gar nicht zu entscheiden wüsste, ob es sich um directe Ossification eines Knorpels oder um eine Umwandlung von Knochenzellen in Knorpelzellen handle.

Fassen wir nun die Veränderungen in's Auge, welche die Substanz der Knochenrinde während dieser letzten Phasen der Callusbildung erfahren hat, so finden wir, dass hier eine Abnahme der Dichtigkeit, eine Rarefaction zu Stande gekommen ist, und zwar in Folge einer von den Haversischen Kanälchen aus eingeleiteten lacunären Resorption. Dieser Resorptionsprocess ist besonders rege an der äusseren Oberfläche der Rinde und in der Nähe der Bruchstelle. Ausserdem haben wir an zwei Präparaten von 17tägigem Callus, eben in der Nähe der Bruchflächen, Knochenzellen gesehen, welche die übrigen an Grösse übertrafen, reihenweise angeordnet standen und mit je zwei Kernen versehen waren. Die Höhlungen je zweier benachbarter Zellen dieser Art waren bald nur in gegenseitiger Berührung, bald in offener Verbindung unter einander, so dass ein Knochenkanälchen zu Stande kam, welches einerseits in der Substanz des ossificirten intermediären Callus endigte, andrerseits aber einem aus der enormen Erweiterung eines Haversischen Kanälchens hervorgegangenen Markraume zulief (Fig. 7). Die Entstehungsweise dieser Bildung stimmt genau mit der von Heitzmann[1]) an entzündetem Knochen beschriebenen überein.

Während auf einer Seite die alte Corticulsubstanz einer Rarefaction unterliegt und auf der anderen die bisher beschriebenen formativen Vorgänge ablaufen, sehen wir in der Peripherie des periostea-

[1]) Heitzmann, Ueber die Rück- und Neubildung von Blutgefässen in Knochen und Knorpel. Medicinische Jahrbücher von Stricker, 1873, S. 185.

len Callus einen sehr regen Destructionsprocess beginnen, der zum völligen Schwunde dieses transitorischen Gebildes führen wird.

Demnach ist es unmöglich, einen bestimmten Zeitpunkt anzugeben, wo der Process der Callusbildung endigt und der der Rückbildung des Callus beginnt; denn der eine Vorgang ist noch nicht vollendet, wenn bereits der andere sich einzustellen anfängt.

Schlussfolgerungen und kritische Bemerkungen.

Obiger Schilderung zufolge lassen sich in der Entwicklungsgeschichte des Callus drei Acte oder Stadien unterscheiden.

1) Wucherung der Zellen der osteogenetischen Schicht nebst Infiltration mit Wanderzellen.

2) Differenzirung der Zellen und der Intercellularsubstanz des Periosts sowohl als des Markes zu osteoïder und Knorpelsubstanz.

3) Ossification des Knorpelcallus und weitere Ausbildung des Knochencallus.

Die Verfolgung des zweiten Stadiums an zahlreichen Präparaten, 27, 40, 52, 60 und 96 Stunden nach der Fractur hat uns belehrt, dass an den Grenzen zwischen Periost und Knochenrinde und zwischen letzterer und Mark ganz beständig folgende Veränderungen stattfinden: während in der Bruchebene die zelligen Elemente sich bald in Knorpelzellen umwandeln, erfolgt hingegen in einiger Entfernung von der Bruchstelle die Verwandlung der zelligen Elemente erst zu Osteoblasten und bald darauf zu Knochenzellen, ohne dass sie vorher eine anderweitige Formveränderung erfahren. Demzufolge stimmen unsere Beobachtungen nicht mit denen von Nikolsky überein, wonach im Knochenmarke junger Thiere (namentlich Hühner), bevor es zur Bildung von Osteoblasten kommt, erst die Markzellen sich verlängern, spindelförmig werden, sodann durch Theilung eine Brut von Rundzellen erzeugen, und erst diese letzteren, nachdem sie sich an der Grenze der Knochenrinde in Reihen geordnet haben, zu Osteoblasten umgestalten sollen [1]).

[1]) Nikolsky, Histologische Untersuchungen über die Heilung der Knochenbrüche in verschiedenen Altersperioden. Virchow's Arch. f. path. Anatomie u. Physiologie. Bd. 54, S. 81—84. 1872.

Der erste Theil dieses morphologischen Vorganges, d. h. die Umbildung der Markzellen zu verlängerten, spindelförmigen Bindegewebszellen, war bereits von Ercolani in Bologna beobachtet und in einer 1865 erschienenen interessanten Arbeit über die Verwandlungen der histologischen Elemente im thierischen Organismus [1]) beschrieben und durch Abbildungen erläutert worden. Doch im Gegensatze zu Nikolsky hatte Prof. Ercolani gefunden, dass die aus den zelligen Elementen des Markes hervorgegangenen Bindegewebskörperchen sich direct, ohne anderweitige vorgängige Veränderung, zu Knochenkörperchen gestalten, woraus er den Schluss zog, dass das Knochenmark als solches nicht ossificire, sondern dass dazu erst eine Umwandlung seiner zelligen Elemente zu Zellen des Binde- und Fasergewebes gehöre, oder anders gesagt eine Rückkehr zu den Elementen, aus welchen bekanntlich das Periost besteht.

Doch ebenso wenig als wir all' die morphologischen Veränderungen nachzuweisen vermochten, welche nach Nikolsky die Markzelle erfährt, bevor sie erst zur osteoblastischen und sodann zur Knochenzelle wird, so wenig waren wir im Stande ihre Verwandlung zur Bindegewebszelle und die directe Umbildung dieser letzteren zur Knochenzelle zu verfolgen. Bei der grossen Aehnlichkeit der runden Markzellen mit den jungen wandernden Zellen des Bindegewebes darf man nicht so ohne allen Vorbehalt annehmen, dass die spindelförmigen Bindegewebskörperchen sämmtlich aus den runden Markzellen hervorgehen. Die entschiedene Analogie, die zwischen dem Heilungsprocesse der Knochenbrüche und dem der Wunden der Weichtheile besteht, giebt wenigstens dem Verdachte Raum, dass ein Theil der im gereizten Marke reichlich vorhandenen spindelförmigen Zellen vielleicht nur den Uebergang von Wanderzellen d. h. jungen Bindegewebskörperchen zu fixen Bindegewebszellen darstellen mag, wie dies eben bei dem Regenerationsprocesse in den Wunden der Weichtheile der Fall ist.

[1]) Sulla trasformazione degli elementi istologici nell' organismo animale e più specialmente delle cellule midollari in corpuscoli ossei e dei corpuscoli del tessuto connettivo in cellule epiteliali. — Prof. G. B. Ercolani, Memorie dell' Accademia delle scienze dell' Istituto di Bologna, serie II, vol. IV, 1865.

Den Beginn der Verknöcherung anlangend, haben wir festzustellen vermocht:

1) Dass die Verkalkung der Intercellularsubstanz nicht gleichzeitig im ganzen Umkreise der osteoblastischen Zelle, sondern nur um einen Theil derselben beginnt, und zwar um den der Knochenrinde zugekehrten Theil, so dass es eine Zeit giebt, wo ein Theil der Zelle noch frei bleibt, während der andere bereits in verkalkter Intercellularsubstanz eingeschlossen ist.

2) Dass die bereits vollständig in verkalkte Intercellularsubstanz eingebetteten osteoblastischen Zellen noch einige Zeit ihr ursprüngliches Ansehen, ihre ursprüngliche Form und Grösse bewahren.

Diese Beobachtungen widersprechen zum Theil einigen auf denselben Gegenstand bezüglichen Angaben anderer Autoren, und zwar 1) der von Gegenbaur, wonach die verkalkte Intercellularsubstanz ein Ausscheidungsproduct der Osteoblasten sein soll; 2) der von Stieda und Waldeyer, wonach sich die Osteoblasten, vermöge einer Aufnahme von Kalksalzen in ihr Protoplasma, zu Knochenzellen umwandeln.

Kurz, wir glauben nicht, dass die verkalkte Intercellularsubstanz direct von den Osteoblasten ausgeschieden oder in denselben producirt werde, sondern dass es sich um eine directe Ablagerung von Kalksalzen in die Intercellularsubstanz der osteogenetischen Schicht des Periosts handle. Zwar wollen wir hiermit den Osteoblasten keineswegs allen Einfluss auf die Production der osteoïden Intercellularsubstanz absprechen; aber es ist uns sehr wahrscheinlich, dass ein Einfluss in dieser Hinsicht auch dem benachbarten Knochengewebe und den Gefässen einzuräumen sei.

Eine andere Frage, die wir etwas genauer haben prüfen wollen, ist die über den Antheil des alten Knochens an der Neubildung von Knochengewebe.

Während die Mehrzahl der Autoren dem Knochengewebe als solchen die Fähigkeit abspricht, neue Knochensubstanz hervorzubringen, neigen einige neuere Arbeiten dahin, das Gegentheil zu behaupten.

Hofmokl unter Anderen fand 36 Stunden nach erfolgtem Bruche die Periostealgrenze der Knochenrinde völlig in Buchten und Vorsprünge zerklüftet und die Knochenzellen der betreffenden Gegend fast sämmtlich geschwollen, vergrössert, zuweilen mit 2 Kernen ver-

sehen und von hellerer Intercellularsubstanz umgeben. An anderen Stellen sah er grosse polyedrische Knochenzellen mit dünnen Fortsätzen und 3—4 und mehr Kernen, so dass man glauben konnte, es handelte sich dort um kleine Markräume. Er hebt den Umstand hervor, dass solche Veränderungen besonders gegen die Periostealgrenze der Knochenrinde hin vorkommen, nach der Mitte zu aufhören und späterhin, am 3. Tage, sich in der Nähe der inneren oder Markgrenze wiederholen. Aus alledem zieht er den Schluss, dass die Knochenzellen an der Callusbildung einen wesentlichen Antheil nehmen, wie dies namentlich aus ihrer Vergrösserung, ihrer Vermehrung durch Theilung und der auf ihre Kosten erfolgenden Bildung von primären Markräumen hervorgehe[1]). So gross nun auch die Zahl der von uns sorgfältig untersuchten Präparate ist, so müssen wir doch gestehen, dass es uns auch nicht ein einziges Mal gelungen ist, etwas Aehnliches wahrzunehmen. Die Betrachtung unserer Präparate drängt uns eher die Annahme auf, Hofmokl habe für zellige Elemente des alten Knochens solche genommen, die vielmehr der in den ersten Tagen nach der Fractur auf der Periostealgrenze der Knochenrinde sich bildenden Zone osteoïder Substanz angehören. In diesem Verdachte werden wir durch den Umstand bestärkt, dass Hofmokl die erwähnten Erscheinungen zuerst immer nur auf der Periostealgrenze und später an der Markgrenze des Knochens wahrgenommen hat[2]). Nun tritt aber, wie wir gesehen haben, eben an den genannten Orten sehr früh eine Zone osteoïder Substanz auf, die auf's Innigste mit der Substanz des alten Knochens zusammenhängt und sich nur dadurch von derselben unterscheiden lässt, dass sie stärker granulirt und punctirt erscheint, schwächer durch Purpurin, dafür aber stärker durch Hämatoxylin gefärbt wird, ferner grössere Zellen führt und Gruppen von 2—4 in einer gemeinsamen Höhle eingeschlossenen Zellen aufweist. (Fig. 1.)

Das letztgenannte Vorkommniss, das von Hofmokl als das Resultat einer Wucherung der Knochenkörperchen angesehen wird, erscheint uns vollkommen begreiflich, wenn wir der Art und Weise ge-

[1]) Hofmokl, l. c. S. 367.
[2]) Hofmokl, l. c. S. 361.

denken, wie die Bildung der osteoïden Intercellularsubstanz eingeleitet wird. Wir sahen, dass dieses durch directe Ablagerung von Kalksalzen in die vorhandene Intercellularsubstanz geschieht; und ist dem einmal so, so ist es auch ganz einleuchtend, dass zwei oder mehrere Zellen von verkalkter Intercellularsubstanz umgeben werden können und sich daher späterhin dem Beobachter als in einer gemeinsamen Höhlung eingeschlossene osteoïde Zellen präsentiren, ohne dass man zur Erklärung dieses Befundes an eine Wucherung präexistirender osteoblastischer Zellen, und noch weniger, wie es Hofmokl thut, an eine Wucherung reifer, vollkommener Knochenzellen zu denken habe.

Wenn wir daher auch zugeben wollen, dass in Theilung begriffene Knochenzellen wirklich vorkommen (wie solche namentlich von Rokitansky, Förster, O. Weber, Demme, Barwel, Lang, Ruge, Volkmann [1]) und Anderen beobachtet worden sind), so können wir doch keineswegs der Deutung Hofmokl's beitreten und, wie er es thut, den Zellen des alten Knochens einen activen, wesentlichen Antheil an der Callusbildung zuschreiben. Wir halten vielmehr mit Volkmann [2]), Billroth [3]) und der Mehrzahl der Beobachter fest, dass das Knochengewebe als solches nicht thätig daran betheiligt ist, sondern höchstens einen minimalen, unbedeutenden Antheil daran nimmt.

Auch noch eine andere Angabe, die wir in Hofmokl's Arbeit vorfinden, bedarf der Berichtigung. Wo er von der Ossification des Knochenmarkes spricht, beschreibt er gewisse grosse, an ihren Rändern ü b erscheinende und immer enger von den Markzellen umschlossene Fettzellen, in deren Umkreise immer eine Ablagerung von neugebildeter Knochensubstanz vorgefunden wird.

Er schliesst aus diesem Befunde, die Callusbildung von Seiten des Knochenmarkes sei vielleicht theilweise auch auf Rechnung der Fettzellen zu setzen [4]).

---

[1]) Volkmann, Zur Histologie der Caries und Ostitis. Arch. f. klin. Chirurgie, Bd. IV., S. 449.

[2]) Volkmann, Handbuch der Allg. und Spec. Chirurgie, Bd. II., 2. Abth., 5. Abschn., S. 373.

[3]) Billroth, Die Allg. chirurgische Pathologie und Therapie, Bd. II., 2. Aufl. 1876. S. 214. — [4]) Hofmokl, l. c.

Die Thatsache haben wir mehrmals beobachtet; aber die Deutung scheint uns nicht richtig. Die Neubildung von Knochensubstanz um die Fettzellen des Markes erfolgt auf Kosten der Markzellen, welche eine Umwandlung zu Osteoblasten und dann zu Knochenzellen erfahren. Wenn es sich nun ereignet, dass in einem Markraume, worin sich eine Fettzelle vorfindet, sämmtliche Markzellen sich zu Knochenzellen verwandelt haben, ist es nicht vollkommen begreiflich, dass zuletzt jene Fettzelle allein von einer Zone neugebildeter Knochensubstanz umgeben sein wird?

Unserer Auffassung nach verhielt sich in diesem Falle die Fettzelle ganz indifferent oder höchstens passiv.

Wir haben obiger Deutung, die gewiss, wenn sie richtig wäre, von grossem Interesse für die Frage über die Entwicklungsgeschichte des Knochengewebes sein würde, erwähnen wollen, weil sie in manchem neuesten Werke, wie z. B. in Birch-Hirschfeld's Lehrbuch der pathologischen Anatomie, ohne alle Bemerkung angeführt wird.

Unter den Ergebnissen unserer Untersuchungen haben wir eines erwähnt, das sich auf die Neubildung von Knorpelgewebe vom Marke aus bezieht.

Virchow hatte zuerst, 1875, ausgesprochen, durch einfache Gewebsumbildung liefere das Markgewebe selten Knorpel, häufiger Knochen[1]).

Zwei Jahre später gelang es Tizzoni (bei seinen Versuchen über die Reaction des Knorpelgewebes auf Reize und über den auf Verletzungen der Gelenkknorpel folgenden Regenerationsprocess) unzweifelhaft die Umwandlung von Bindegewebe des Knochenmarkes in embryonales Knorpelgewebe darzuthun[2]).

Indem ich zu jener Zeit Gelegenheit hatte, mit Tizzoni zusammen im Laboratorium des Professors Bizzozero zu arbeiten, konnte ich seine Präparate sehen und mit den meinigen vergleichen; und ich freue mich versichern zu dürfen, dass ein ganz gleicher Vorgang bei

---

[1]) Virchow, Ueber Bildung und Umbildung von Knochengewebe im menschlichen Körper. — Berliner klin. Wochenschrift, Nr. 1—2, 1875.

[2]) G. Tizzoni: Sulla istologia normale e patologica delle cartilagini ialine. Archivio delle scienze mediche diretto dal Prof. Bizzozero, vol. II, fasc. 1, p. 61.

der Entwicklung des inneren Callus vorkommt. Doch ist dieser für die Physiopathologie der Knochenbrüche neue Vorgang nicht constant; in vielen Fällen ist der innere Callus sowohl in einiger Entfernung von der Bruchfläche, als in der Nähe derselben, durchweg knöchern, während in anderen die Knorpelbildung in der Nähe der Bruchstelle so spärlich ist, dass der Beobachter nicht mit Sicherheit über ihren Ursprung urtheilen kann — Varianten, welche die Richtigkeit des Satzes bekräftigen, dass der Consolidationsprocess nach Knochenbrüchen kein einförmiger, gleichbleibender, sondern ein mannigfach wechselnder ist.

Was endlich das dritte Stadium der Callusbildung anlangt, so ergeben unsere Untersuchungen:

1) dass ausser den Blutmarkräumen sich im Knorpelcallus grosse, unregelmässig begrenzte Markräume bilden, worin man (wie bereits von Hofmokl angegeben) keine Gefässe vorfindet und um welche die Neubildung von Knochengewebe verspätet eintritt;

2) dass sowohl der äussere als der innere Knorpelcallus die directe oder metaplastische Ossification erfahren kann, welche von H. Müller, Gegenbaur, Waldeyer u. A. geläugnet, von Kölliker, Rokitansky, Virchow, Ollier, Strelzoff, Nikolsky und neuerdings von Ogston[1]) und von Kassowitz zugegeben wird; und dass diese Art von Ossification vielleicht häufiger und in ausgedehnterem Maasse als man gewöhnlich annimmt vorkommen mag;

3) dass ein Theil des Knorpelcallus weder Vascularisation noch Verknöcherung erfährt, sondern in Folge eines Rückbildungsvorganges, der wesentlich in der Atrophie der zelligen Elemente besteht, schwindet;

4) dass während die Knochensubstanz des Callus die Merkmale eines fötalen Knochens verliert und die von fertigem Knochengewebe annimmt, die Knochenrinde einem osteoporotischen Processe (rarefeirende Ostitis) unterliegt, der sich alsbald auf den Knochencallus ausdehnt und so dessen Rückbildung einleitet.

---

[1]) Ogston: Journal of Anatomy and Physiology, vol. 10, part 1.

Rückbildung des Callus.

Unsere Untersuchungen über die Rückbildung des Callus beziehen sich: 1) auf den Callus junger Kaninchen 24, 32, 44, 63 und 96 Tage nach erfolgter Fractur; 2) auf einen frischen viermonatlichen Callus von einem jungen Manne (von 24 Jahren); 3) auf alten und trocknen Callus vom Menschen.

Betrachtet man die Periostealfläche eines Kaninchen-Callus am 24., 32. bis 44. Tage nach der Fractur, so erscheint sie angefressen, mit spitzigen Vorragungen und Vertiefungen übersäet, während das Gewebe dieser oberflächlichen Schicht grosse ein- bis mehrkernige Zellen (Osteoclasten) aufweist.

Dieser Process lacunärer Corrosion ergreift jedoch nicht die ganze Periostealfläche des Callus, sondern hört in der Höhe der Bruchfläche auf, woselbst die faserige Knorpelsubstanz noch nicht einmal vollständig verknöchert ist.

Das Fortbestehen von Knorpelgewebe im Niveau der Bruchstelle haben wir sehr oft, nicht nur in den oberflächlichen, sondern auch in den der Knochenrinde zunächst liegenden Schichten des Periostealcallus, und zwar zu einer Zeit beobachtet, wo bereits der ganze übrige Callus vollständig rückgebildet war (Kaninchen-Callus, 63—96 Tage nach der Fractur, frischer viermonatlicher Callus vom Menschen).

Zuletzt schwindet auch dieser rückständige Knorpel. Der tiefe Theil desselben erfährt bald eine mittelbare, bald eine directe Ossification, bald wieder eine sehr langsame Atrophie, der oberflächliche Theil dagegen schwindet viel rascher durch körnigfettige Entartung seiner Zellen, welche zu grossen Körnchenhaufen zerfallen, so dass es nicht mehr möglich wird, sie von in gleicher Weise entarteten Osteoclasten zu unterscheiden.

Sehen wir von den Vorgängen in diesen Ueberbleibseln des Knorpels ab, so können wir im Ganzen und Grossen sagen, dass der Hauptfactor der Rückbildung des Callus in der lacunären Resorption besteht, welche in allen Theilen des äusseren sowohl als des inneren und des intermediären Callus angetroffen wird.

Im äusseren Callus schwindet zuerst und definitiv die mit den paraostealen Weichtheilen in Berührung stehende Knochensubstanz, ein Gewebe hinterlassend, das aus wenigen runden, aber vielen spindelförmigen Zellen, nebst spärlichen Bindegewebs- und elastischen Fasern besteht, zwischen welchen hier und da grosse Körnchenhaufen und grosse runde, im Zerfall und Schwund begriffene Zellen eingesprengt sind (Fig. 8).

In den tiefen Theilen des äusseren Callus unterliegen auch die die einzelnen Markräume begrenzenden Knochenbälkchen einer allmäligen Resorption, wodurch die Markräume unregelmässig und grösser werden und zuweilen unter einander zu colossalen Markräumen zusammenfliessen.

Da zu dieser Zeit der Resorptionsprocess sowohl den äusseren Callus als die alte Knochenrinde involvirt, so kommt es zur Bildung von Markräumen an der Grenzfläche zwischen beiden, wodurch ihre gegenseitige Continuität aufgehoben wird, als wollte sich der neue Knochen von dem alten trennen.

Doch während auf der einen Seite das Knochengewebe schwindet, wird es auf der anderen Seite in gewöhnlicher Weise von den Markzellen aus nachgebildet, weshalb es neben den sich vergrössernden Markräumen andere giebt, welche wegen Ablagerung neuer Knochensubstanz an Umfang abnehmen.

Dieser Wechsel von Resorption und Nachbildung wiederholt sich im äusseren Callus und hört nicht eher auf, als bis der intermediäre Callus, fest und ausdauernd geworden, die gegenseitige Verschmelzung beider Bruchenden definitiv sichert.

Alsdann schrumpft der äussere Callus auf eine Schicht compacten, sclerosirten Knochens, die so innig mit der Knochenrinde verschmilzt, dass es zuweilen unmöglich wird, die Grenze zwischen beiden zu bestimmen, indem beide in gleicher Weise durch den osteoporotischen und den nachfolgenden sclerosirenden Process modificirt worden sind.

In dem intermediären Callus wiederholen sich diese beiden Processe in derselben Weise wie in dem äusseren, sind aber von kürzerer Dauer. Die beiden Bruchflächen hängen zuletzt, durch Vermittlung

eines compacten und sclerotischen neuen Knochens, der an die Stelle des intermediären Callus getreten ist, continuirlich mit einander zusammen. Ihre gegenseitige Continuität ist so vollkommen geworden, dass die Bruchstelle nur noch daran zu erkennen ist, dass im neuen Knochen die Zellen mit ihrem längsten Durchmesser senkrecht zur Axe des alten Knochens stehen, auch die Haversischen Kanälchen in gleicher Richtung verlaufen, und die Grenze zwischen neuem und altem Knochen durch eine stets deutlich ausgesprochene, mannigfach gezackte Kittlinie bezeichnet ist (Fig. 9).

In dem inneren Callus geht die Resorption des Knochens rascher als im äusseren vor sich. Sobald der Callus resorbirt ist, ist dessen Schwund ein definitiver, und es bleibt an seiner Stelle nur ein junges Markgewebe zurück, welches als solches gegen das gelbe, fettige alte Mark absticht.

Während dieser Rarefactionsprocess im Callus und in der Knochenrinde abläuft, findet man, ausser den in den Markräumen und in den Haversischen Kanälchen verlaufenden Gefässen, gewisse andere vor, welche, von einem Markraume ausgehend, mehrere Lamellensysteme durchsetzen und bald in grössere Stämmchen münden, bald hingegen, nach einem tortuösen Verlaufe mit vielfachen winkligen Umbeugungen und Schlingenbildungen, zuletzt zu demselben Markraume, von dem sie ausgegangen waren, zurückkehren.

Diese Gefässe, von verschiedenem, aber im Allgemeinen kleinen Caliber, zeigen bisweilen hier und dort eine Art flaschenförmiger Erweiterung und sind in Knochenkanälchen eingeschlossen, deren einige, und zwar die kleinsten, noch von keiner eigenen Lamelle umhüllt sind. In ihrem Verlaufe durch mehrere Lamellensysteme stossen sie zuweilen auf ein oder zwei Knochenkörperchen, und ihr bis dahin regelmässiges Lumen erweitert sich dann flaschen-, spindel- oder kropfförmig. Diese im Stadium der Rückbildung des Callus entstandenen Kanäle werden allmählich den Haversischen ähnlich; und bald erweitern sie sich, gleich diesen, in Folge der lacunären Resorption ihrer Wände, um sich später wieder durch neue Ablagerung von Knochensubstanz zu verengern; bald verbleiben sie eng und von

wenigen (1—3) Lamellen umgeben. — So viel haben wir in Betreff der Neubildung von Gefässen und Kanälen in der Knochensubstanz ermittelt. Es können daher unsere Beobachtungen keinen Beleg liefern für die Angabe Lossen's, wonach die neugebildeten Knochenkanälchen aus der Verschmelzung mehrerer erweiterter und kettenförmig gereihter Knochenkörperchen hervorgehen — eine Angabe, die von Volkmann[1]) anfänglich acceptirt, nachher aber verworfen worden ist; und ebenso wenig fanden wir den von Lossen gezogenen Schluss bestätigt, dass diese Neubildung von Kanälchen in der Knochensubstanz eine eigene Thätigkeitsäusserung der Knochenkörperchen und nicht etwa ein rein passiver Vorgang sei[2]). Er erklärt, dass diese Art von Canalisation des Knochengewebes, wie er sie beschrieben hat, sehr häufig vorkomme. Nun haben wir unserseits frischen Callus vom Kaninchen auf verschiedenen Phasen seiner Rückbildung untersucht, haben zahlreiche Nachforschungen an trocknem altem Callus vom Menschen angestellt und uns bemüht, unsere Beobachtungen unter gleichen Bedingungen wie Lossen auszuführen; haben dieselben Präparationsmethoden in Anwendung gezogen: und doch sind wir nie so glücklich gewesen, in einem sich rückbildenden Callus die vergrösserten Knochenkörperchen, nebst ihren ebenfalls erweiterten Verbindungskanälchen, sich reihen- oder kettenförmig anordnen, unter einander verschmelzen und so zur Neubildung von Knochenkanälchen in der Intercellularsubstanz des Knochens führen zu sehen.

Dagegen hatten wir wohl einen solchen Hergang an einigen Präparaten von einem carcinomatös erkrankten Oberkiefer zu sehen Gelegenheit gehabt. (Das Carcinom hatte sich von der Cutis aus auf den Oberkiefer verbreitet. Der erkrankte Knochen wurde von uns im Turiner Augenkrankenhause unter Leitung unseres hochverehrten Lehrers Prof. Reymond resecirt.)

Doch wenn die Ergebnisse unserer Untersuchungen die Angaben Lossen's über die Neubildung von Knochenkanälchen aus den

---

[1]) R. Volkmann, Zur Histologie der Caries u. Ostitis. l. c. S. 460—471.
[2]) H. Lossen, l. c. S. 45.

Knochenkörperchen nicht bestätigen können, so bekräftigen sie dafür in vollem Umfange den am Schlusse seiner Arbeit ausgesprochenen Satz, dass der Vorgang der Rückbildung des Callus wesentlich auf einer langsam verlaufenden, rareficirenden Ostitis (Osteoporose) mit nachfolgender condensirender Ostitis (Osteosclerose) beruht, welche letztere die feste und definitive Verschmelzung beider Bruchenden herbeiführt.

Indem ich diese Arbeit abschliesse, statte ich meinen innigsten Dank dem Herrn Prof. J. Bizzozero ab, der mich mit den einschlägigen Untersuchswegen vertraut gemacht und mit vieler Geduld und Liebe inmitten der Schwierigkeiten geleitet hat.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1.

Osteoide Neubildungszone an der Periostealgrenze der Knochenrinde, 52 Stunden nach erfolgter Fractur.

a) Zone von Knochensubstanz, aus der physiologischen Dickenzunahme des Knochens hervorgegangen.
b) Vereinigungs- oder Kittlinie zwischen obiger Zone und der übrigen Corticalsubstanz.
c) Zellen aus der osteoblastischen Schicht der Beinhaut, nur theilweise von verkalkter Intercellularsubstanz umgeben.
d) Osteoblasten, die in der Umbildung zu Knochenzellen begriffen sind.
e) Kanälchen, welche die verkalkte Intercellularsubstanz durchsetzen und mehrere osteoblastische Zellen einschliessen.

Ocul. 4, Obj. Härtn. Immersionsl. 10.

Fig. 2.

Ein in Bildung begriffenes Knochenbälkchen, 52 Stunden nach der Fractur.

a) Knochenrinde.
bb') Osteoide Neubildung.
c) Drei von einer gemeinsamen Höhlung umschlossene osteoblastische Zellen.
d) Ein eben angelegtes und von Osteoblasten umgebenes Bälkchen.
e) Ein Haversisches Kanälchen.
f) Periost.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.

Fig. 3.

Umbildung der Bindegewebszellen des Knochenmarkes zu Knorpelzellen, 4. Tag nach der Fractur.

a) Knochenrinde.
b) Bruchfläche.
c) Knochenmark.
d) Zelle mit in Knospenbildung begriffenem centralem Kerne.
e) Markzellen, in deren Umkreise die Intercellularsubstanz hyalin wird.
f) Bluterguss in das Mark.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.

Fig. 4.

Directe Verknöcherung des Knorpels (äusserer Knorpelcallus von 10 Tagen).

a) Knorpelzellen.
b) Direct ossificirte Knorpelzellen.
c) Blutgefäss.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.

Fig. 5.

Knorpel des äusseren Callus, nach 17 Tagen.

a) Blutgefäss, um welches herum eine partielle Verknöcherung des Knorpels erfolgt ist.
b) Markraum, worin keine Gefässe zu sehen und woraus die Markzellen herausgefallen sind.
c) Knorpelhöhlen, die sich in den Markraum *b* öffnen.
d) Knorpelhöhle, worin 4 Zellen enthalten sind.
e) Im Schwunde begriffene (vielleicht zu Intercellularsubstanz werdende) Knorpelzellen.
f) In Atrophie begriffene Knorpelzellen.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.

Fig. 6.

Atrophie des Knorpels (äusserer Knorpelcallus von 17 Tagen).

a) Atrophische Knorpelzellen.
b) Zersprengte und in den Hohlraum *c* sich öffnende Knorpelzellen.
c) Ein Stück von einem Markraume.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.

Fig. 7.

Intermediärer Callus, 17 Tage nach erfolgtem Bruche.

a, a) Bruchenden.
b, b, b) Durch lacunäre Resorption erweiterte Haversische Kanälchen.
c) Linienförmig gereihte Knochenkörperchen, wovon sich einige unter einander berühren und verschmelzen.

d) Knorpel des intermediären Callus.
e) Markräume des intermediären Callus.
f) Verknöcherung des Knorpels im intermediären Callus.
g) Uebergang von der Intercellularsubstanz des Knochens zu der des Knorpels.

Oc. 3, Obj. 4 Hartn.

Fig. 8.

Rückbildung des äusseren Callus, 32 Tage nach der Fractur.

a) Periost.
b) In körniger Entartung begriffene Osteoclasten.
c) Osteoclasten in den Howship'schen Lacunen.
d) Knochensubstanz des Callus.
e) Ueberbleibsel des in directer Ossification begriffenen Knorpels.
f) Erweiterte Markräume.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.

Fig. 9.

Intermediärer Callus, 96 Tage nach der Fractur.

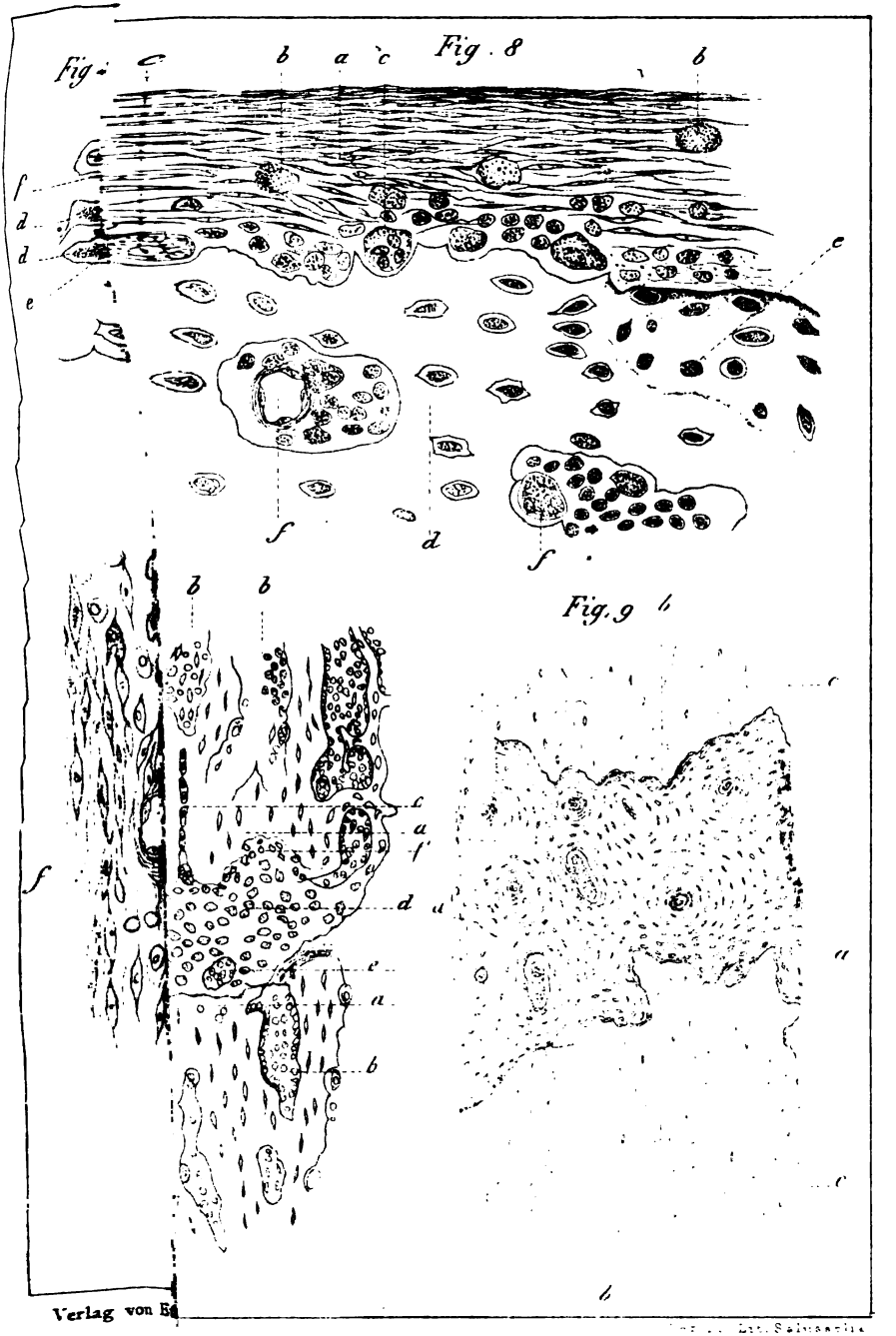
aa') Sclerosirte Knochensubstanz.
bb') Kittlinie zwischen dem intermediären Callus und der alten Knochenrinde.
cc') Alte Knochenrinde.

Oc. 3, Obj. 2 Hartn.

Fig. 10.

Elastische Fasern in der Grundsubstanz des Knorpels.

Oc. 3, Obj. 8 Hartn.



Verlag von E

XV.

Gewicht des centralen Nervensystems im Vergleich zu dem Körpergewicht der Thiere, bei Rana esculenta und Rana temporaria.

Von

Dr. S. Fubini.

In v. Bibra's monographischer Arbeit[1]), worin das menschliche Gehirn mit dem anderer Wirbelthiere verglichen wird, finden wir zahlreiche, auf verschiedene Thierarten bezügliche Bestimmungen des Hirngewichtes, doch nur wenige derselben betreffen die Batrachier. Leuret[2]), Alexander Braun[3]), Milne Edwards[4]) liefern zwar Angaben über das Hirngewicht bei verschiedenen Thierklassen, keine aber für die Frösche.

Es schien uns daher ein lohnendes Werk, diese Lücke auszufüllen, die uns beim Studium der betreffenden Litteratur aufgefallen ist.

Wir stellten unsere Untersuchungen an Rana esculenta und an R. temporaria an und suchten namentlich zu ermitteln, ob es auch bei den Batrachiern in Bezug auf die Ausbildung des centralen

[1]) F. Ernst v. Bibra: Vergleichende Untersuchungen über das Gehirn des Menschen, 1854.

[2]) Leuret: Anatomie comparée du système nerveux.

[3]) Brandt: Sur le rapport du poids du cerveau à celui du corps chez les différents animaux, im Bulletin de la Société des Naturalistes de Moscou. 1867, Nr. 4.

[4]) Milne Edwards: Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée de l'homme et des animaux. Tome XI, 1874, p. 250.

Nervensystems quantitative Unterschiede zwischen Männchen und Weibchen gebe.

Unsere Wägungen zerfallen in zwei Reihen.

Bei der ersten wurde das Gewicht des gesammten Myelencephalons und das des Gehirnes sammt dem verlängerten Marke mit dem Körpergewichte des unversehrten Thieres verglichen; bei der zweiten wurde das Gewichtsverhältniss bestimmt, in welchem die einzelnen Theile des centralen Nervensystems zu dem ausgeweideten Thierkörper stehen.

Ich schied die Männchen von den Weibchen und zog bei der Auswahl solche Individuen vor, die nicht sehr auffällig von einander durch die Körpergrösse abwichen und die gleich lange im Laboratorium gehalten worden waren.

Die Thiere wurden trocken abgewischt und dann sorgfältig gewogen.

Sodann wurde die Brustbauchhöhle eröffnet und darauf Rückenmark, Medulla oblongata und Gehirn blossgelegt. Weiter wurden die Nervenanhänge von den Centraltheilen des Nervensystems abgelöst, die Cerebrospinalaxe von ihren Hüllen befreit und in eine Büchse gelegt, welche auf der Schale einer für 0,1 Milligramm empfindlichen Wage stand.

Nach der Wägung des gesammten Myelencephalons wurde das Rückenmark von der Medulla oblongata durch einen Schnitt getrennt, der mit einem recht scharfen Messer genau an der Spitze des Calamus scriptorius geführt wurde.

Darauf wurde das Gehirn mit dem verlängerten Marke gewogen.

Aus den so gewonnenen Zahlen konnte das durchschnittliche Gewicht des Myelencephalons und das des Gehirnes mit dem verlängerten Marke ermittelt und danach weiter das relative Gewicht dieser Gebilde im Verhältniss zum Körpergewicht des unversehrten Thieres berechnet werden.

Die Exemplare von Rana esculenta wurden in einem grossen Zeitabstande von der Begattung, die von R. temporaria dagegen während der Begattungszeit, also während bei den Weibchen die Eierstöcke von Eichen strotzten, untersucht.

Tafel I A.

Rana temporaria.

Männchen.			Weibchen.		
Gewicht des unversehrten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.	Gewicht des unversehrten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.
34,5	0,1416	0,0826	55,0	0,1376	0,0536
24,0	0,1376	0,0635	46,0	0,1606	0,0705
23,0	0,1338	0,0626	52,5	0,1657	0,0667
19,0	0,1206	0,0551	28,0	0,1276	0,0733
19,5	0,1144	0,0672	26,5	0,1201	0,0644
17,0	0,1167	0,0683	27,3	0,1036	0,0611
21,7	0,1453	0,0864	28,5	0,1365	0,0705
21,4	0,1290	0,0756	64,5	0,1692	0,0948
22,7	0,1282	0,0740	50,0	0,1178	0,0702
20,5	0,1221	0,0669	54,5	0,1296	0,0820
39,0	0,1554	0,0940	58,7	0,1519	0,0915
17,0	0,1543	0,0970	55,2	0,1711	0,1042
Mittelwerthe 23,2	0,1332	0,0744	45,6	0,1409	0,0752

Taf. I B.

Rana esculenta.

Männchen.			Weibchen.		
Gewicht des unversehrten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.	Gewicht des unversehrten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.
28,7	0,1357	0,0857	37,0	0,1359	0,0859
32,2	0,1304	0,0783	31,5	0,1130	0,0691
25,8	0,1330	0,0862	25,5	0,1077	0,0691
34,5	0,1266	0,0782	59,5	0,1603	0,1017
30,0	0,1272	0,0760	28,5	0,1145	0,0734
27,0	0,1144	0,0769	45,5	0,1199	0,0739
25,0	0,1064	0,0630	53,0	0,1550	0,0973
37,5	0,1604	0,1014	59,0	0,1898	0,0825
30,2	0,1375	0,0837	55,0	0,1533	0,0949
20,4	0,1041	0,0673	47,5	0,1229	0,0752
24,5	0,1229	0,0775	55,5	0,1489	0,0927
25,3	0,1018	0,0659	34,5	0,1235	0,0780
Mittelwerthe 28,2	0,1259	0,0700	44,3	0,1328	0,0828

Aus diesen Zahlen lässt sich leicht ersehen, dass bei Rana temporaria sowohl als bei R. esculenta die Masse des centralen Nervengewebes schwerer wiegt beim männlichen Geschlechte als beim Weiblichen. Denn wir erhalten auf Grund obiger Tabellen folgende

Relative Werthe, auf 100 Gramm Körpergewicht des unversehrten Thieres bezogen:

Thierart.	Männchen.		Weibchen.	
	Gewicht in Gramm		Gewicht in Gramm	
	Myelencephalon.	Hirn- und Medulla oblongata.	Myelencephalon.	Hirn- und Medulla oblongata.
Rana temporaria	0,574	0,320	0,309	0,164
Rana esculenta	0,446	0,248	0,300	0,187

Oder anders ausgedrückt:

Für das Myelencephalon.

Thierart.	Männchen.		Weibchen.	
	Gewicht des Myelencephalon.	Gewicht des unversehrten Thieres.	Gewicht des Myelencephalon.	Gewicht des unversehrten Thieres.
Rana temporaria	1	174	1	324
Rana esculenta	1	224	1	334

Für das Gehirn sammt dem verlängerten Marke.

Thierart.	Männchen.		Weibchen.	
	Gewicht des Gehirnes und verlängerten Markes.	Gewicht des unversehrten Thieres.	Gewicht des Gehirns und verlängerten Markes.	Gewicht des unversehrten Thieres.
Rana temporaria	1	312	1	606
Rana esculenta	1	403	1	535

Es sind hier jedoch die besonderen Verhältnisse in Betracht zu ziehen, unter welchen sich die Exemplare von Rana temporaria befanden. Da ferner auch auf den verschiedenen Anfüllungsgrad des Magen-Darmrohres, der seinerseits das Gesammtgewicht des Thierkörpers beeinflusst, Rücksicht zu nehmen ist, so hielten wir es für

rathsam, eine zweite Reihe von Wägungen zu unternehmen, wobei die nervösen Centralorgane mit dem ausgeweideten Thierkörper auf ihr Gewicht verglichen wurden.

Tafel II A.

Rana temporaria.

Männchen.			Weibchen.		
Gewicht des ausgeweideten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.	Gewicht des ausgeweideten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.
14,9	0,0959	0,0639	20,0	0,1384	0,0832
21,3	0,1159	0,0714	37,1	0,1571	0,0998
18,1	0,1015	0,0653	24,9	0,1493	0,0922
19,6	0,1229	0,0769	30,9	0,1510	0,0916
22,1	0,1379	0,0857	27,5	0,1660	0,1092
23,9	0,1159	0,0736	22,6	0,1242	0,0801
18,4	0,1099	0,0725	27,4	0,1421	0,0924
26,9	0,1870	0,1100	25,0	0,1294	0,0844
20,0	0,1133	0,0709	27,0	0,1432	0,0880
20,1	0,1257	0,0798	21,9	0,1144	0,0826
23,1	0,1284	0,0818	22,2	0,1208	0,0797
15,6	0,1236	0,0805	26,5	0,1450	0,0926
Mittelwerthe 20,33	0,1232	0,0777	26,1	0,1401	0,0896

Tafel II B.

Rana esculenta.

Männchen.			Weibchen.		
Gewicht des ausgeweideten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.	Gewicht des ausgeweideten Thieres in Gramm.	Gewicht des Myelencephalons in Gramm.	Gewicht des Gehirns sammt Medulla oblongata in Gramm.
20,50	0,1261	0,0782	22,20	0,1085	0,0667
20,35	0,1201	0,0776	20,15	0,1333	0,0875
17,15	0,1035	0,0635	19,95	0,1089	0,0701
15,15	0,0975	0,0610	17,50	0,1137	0,0739
13,35	0,0946	0,0603	25,90	0,1269	0,0835
16,50	0,0926	0,0578	18,50	0,1153	0,0731
17,00	0,0949	0,0620	29,20	0,1269	0,0809
17,50	0,1081	0,0718	19,50	0,1328	0,0842
15,40	0,1112	0,0689	19,80	0,1369	0,0905
18,15	0,1105	0,0709	42,90	0,1687	0,1071
15,90	0,0909	0,0609	28,90	0,1493	0,0957
16,25	0,0915	0,0595	20,90	0,1258	0,0827
Mittelwerthe 16,93	0,1035	0,0660	23,78	0,1289	0,0830

Aus diesen Wägungen lassen sich wiederum folgende Verhältnisse berechnen:

Relative Werthe, auf 100 Gramm Körpergewicht des ausgeweideten Thieres bezogen.

Thierart.	Männchen.		Weibchen.	
	Gewicht in Gramm		Gewicht in Gramm	
	Myelencephalon.	Hirn und Medulla oblongata.	Myelencephalon.	Hirn und Medulla oblongata.
Rana temporaria	0,606	0,382	0,538	0,343
Rana esculenta	0,601	0,390	0,542	0,349

Oder, anders ausgedrückt:

Für das Myelencephalon:

Thierart.	Männchen.		Weibchen.	
	Gewicht des Myelencephalon.	Gewicht des ausgeweideten Thierkörpers.	Gewicht des Myelencephalon.	Gewicht des ausgeweideten Thierkörpers.
Rana temporaria	1	165	1	186
Rana esculenta	1	164	1	184

Für das Gehirn sammt dem verlängerten Marke:

Thierart.	Männchen.		Weibchen.	
	Gewicht des Gehirns und verlängerten Markes.	Gewicht des ausgeweideten Thierkörpers.	Gewicht des Gehirns und verlängerten Markes.	Gewicht des ausgeweideten Thierkörpers.
Rana temporaria	1	262	1	291
Rana esculenta	1	257	1	287

Auch aus diesen Zusammenstellungen ergiebt sich für beide Froscharten das Gewicht des Myelencephalons und des Gehirns

sammt Medulla oblongata höher beim Männchen als beim Weibchen.

Wir können demnach auch für die Batrachier das von vielen Forschern besonders für den Menschen ermittelte Gesetz bestätigen: dass die Hirnmasse beim männlichen Geschlechte schwerer wiege als beim weiblichen.

XVI.

Ueber den Einfluss des Jodkaliums auf die Peptonisirung des Eiweisses.

Vorläufige Mittheilung der Doctoren **S. Fubini** und **G. M. Fiori.**

Bekannt ist die überaus wichtige Rolle, welche die Albuminate unter den Nahrungsstoffen des Menschen spielen.

Den von Moleschott[1]) festgestellten Mittelwerthen zufolge beläuft sich der tägliche Bedarf eines arbeitenden erwachsenen Menschen an trocknen Proteïnsubstanzen auf 130 Gramm.

Andrerseits nehmen unter den Arzneistoffen die Jodpräparate und besonders das Jodkalium eine sehr hervorragende Stelle ein.

Die Wechselbeziehungen zwischen den Eiweissstoffen und den Jodverbindungen sind bereits von Boinet, Magendie, Liebig und besonders von Duroy[2]) angedeutet worden; doch Niemand, unseres Wissens, hat den Einfluss der Jodpräparate auf die Verdauung der Albuminate zu erforschen gesucht.

Indem wir uns eben die Beleuchtung dieses Gegenstandes zur Aufgabe stellten, unternahmen wir diesbezügliche Versuche theils an Hunden, denen wir Magenfisteln angelegt hatten, theils mit künstlichem Magensafte vom Kalbe.

Bei der Anlegung von Magenfisteln bei Hunden fanden wir die

---

[1]) Moleschott: Physiologie der Nahrungsmittel. Giessen, 1859, S. 223.

[2]) Trousseau et Pidoux: Traité de thérapeutique et de matière médicale. Tome I, 1876. p. 315 u. ff.

Methode am zweckmässigsten, bei welcher der Operationsact auf zwei Tempo's vertheilt wird.

Die der Bauchwand anliegende Portion des Magens wurde an derselben mittelst carbolisirtem Katgut befestigt.

Die Versuche begannen, nachdem das Thier, völlig von dem operativen Eingriffe erholt, seit einigen Tagen ohne Beschwerden die Magencanüle getragen und sich munter gezeigt hatte.

Das Thier wurde 12 Stunden lang nüchtern gehalten, worauf ihm durch den Mund entweder rohes oder durch Kochen geronnenes Eiweiss einverleibt wurde.

Zwei, oder drei Stunden später wurde bei ihm durch electrische Reizung der Magenschleimhaut Erbrechen hervorgerufen.

Am folgenden Tage wurde das Thier wieder 12 Stunden lang nüchtern gehalten, worauf ihm eine gleiche Menge rohen oder gekochten Eiweisses, wie am Tage zuvor, und gleichzeitig eine bestimmte Menge Jodkalium beigebracht wurde. Zwei oder drei Stunden nachher wurde wieder Erbrechen veranlasst.

Die ausgeworfenen Substanzen wurden chemisch untersucht. War Eiweiss allein eingeführt worden, so war dasselbe grossentheils in Peptone verwandelt; hatten wir dagegen gleichzeitig Jodkalium gereicht, so war die Peptonisirung nicht zu Stande gekommen.

In beiden Fällen reagirte die durch Erbrechen entleerte Flüssigkeit leicht sauer.

Wurde einem Hunde 1 Gramm Jodkalium subcutan an einem Oberschenkel injicirt, so liess sich Jodreaction an der Magenschleimhaut noch am 8ten Tage nach der Injection nachweisen. Vielfache Versuche ergaben, dass in diesem Falle die Peptonisirung der in den Magen eingeführten Eiweissstoffe verzögert war.

Diese Versuche wurden zu wiederholten Malen und an verschiedenen Thieren ausgeführt; doch wie sehr sie uns auch maassgebend schienen, so wollten wir noch andere mit künstlichem Magensafte anstellen, da, wie M. Schiff angiebt, die Infundirung der Magen-

[1]) M. Schiff: Leçons sur la physiologie de la digestion. Tome I. 1868. p. 360.

schleimhaut öfters dem Verfahren mit der Magenfistel vorzuziehen ist, weil beim lebenden Thiere die jeweilige Beschaffenheit des angesammelten Magensaftes von Umständen abhängt, die einem fortwährenden Wechsel unterliegen können.

Zur Darstellung des künstlichen Magensaftes haben wir uns des Kalbsmagens bedient.

Wir hielten dabei folgendes Verfahren ein, welches oft in Moleschott's Laboratorium angewandt wurde und wodurch man einen sehr wirksamen Magensaft gewinnt.

Der Labmagen vom Kalbe wird eröffnet, grob gereinigt, auf einem Teller ausgebreitet, und dann mit so viel destillirtem Wasser übergossen, dass die nach oben gekehrte Schleimhaut kaum damit bedeckt ist.

Nach paarstündiger Maceration bei gewöhnlicher Temperatur wird die Schleimhaut mit dem Messerrücken oder mit einem Spatel geschabt, um Schleim nebst einer beträchtlichen Menge Pepsinzellen oder -Drüsen zu gewinnen.

Der so erhaltene Schleim wird mit etwa 1 Liter destillirten Wassers vermengt, wiederholt geschüttelt und auf etwa 12 Stunden der gewöhnlichen Temperatur überlassen. Sodann setzt man zu dem Gemenge 1 % Salzsäure zu und erhält es 30 Minuten lang auf einer Temperatur von 37° bis 40° C.

Zuletzt wird filtrirt, und man erhält auf diese Weise eine ziemlich klare und fast farblose Flüssigkeit.

Nach der Darstellung des Magensaftes nahmen wir drei Glasgefässe von ungefähr gleicher Breite. In das eine gossen wir eine gewisse Menge künstlichen Magensaftes, z. B. 20 Cub.-Centim., nebst einer bestimmten Quantität flüssigen Eiweisses (2 Cub.-Centim.); in das zweite eine gleiche Menge Magensaft und flüssigen Eiweisses mit 50 Centigramm Jodkalium; in das dritte wieder 20 Cub.-Centim. Magensaft und 2 Cub.-Centim. Eiweiss, aber mit 1 Gramm Jodkalium.

Die drei Gläser wurden gleichzeitig in einen Wärmekasten für künstliche Verdauung gestellt und einer Temperatur von 38° bis 40° C. überlassen.

Sodann wurden sie vier Tage hindurch beobachtet. In dem Glase wo kein Jodkalium zugesetzt war, fand sich das Eiweiss schon am ersten Tage peptonisirt. In den beiden anderen war die Peptonisirung auch nach 96stündigem Verweilen bei einer Temperatur von 37° bis 49° C. nicht zu Stande gekommen.

Wir müssen ausdrücklich hervorheben, dass in allen drei Behältern die Flüssigkeit stets eine saure Reaction bewahrt hatte.

Das Nichtgerinnen bei hoher Temperatur und bei Erwärmung mit schwefelsaurem Natron oder schwefelsaurer Magnesia, die Nichtfällbarkeit bei Versetzung mit kleinen oder grösseren Mengen starker Mineralsäuren, oder mit schwefelsaurem Kupferoxyd oder mit Eisenchlorid, galten uns als Kennzeichen der erfolgten Peptonisirung.

Die Versuche wurden an geronnenem, in scharfrandige Würfel geschnittenem Eiweiss wiederholt.

Schon im Laufe der ersten 24 Stunden war an den mit blossem Magensaft übergossenen Eiweisswürfeln die begonnene Peptonisirung zu erkennen, indem man anfangs ihre Aufquellung und sodann ihre fortschreitende Lösung wahrnehmen konnte, während in den Gläsern, wo der Magensaft mit Jodkalium versetzt war, die Würfel gar nicht angegriffen erschienen.

Ferner bestätigte auch die chemische Prüfung, dass die Peptonisirung der Eiweisswürfel bei der Gegenwart von Jodkalium verhindert worden war.

Die eben besprochenen Versuche wurden sehr viele Male wiederholt und stets mit gleichem Ergebnisse. Es scheint uns demnach die Schlussfolgerung gerechtfertigt, dass das Jodkalium die Peptonisirung der Eiweissstoffe verhindert oder doch zu verzögern im Stande ist.

XVII.

Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere.

Von

G. Valentin.

Sechsundzwanzigste Abtheilung.

Wärmeverhältnisse.

1. Eigenwärme einzelner Theile.

Die dritte Abtheilung[1]) dieser Untersuchungen behandelte schon die Eigenwärme winterschlafender Murmelthiere und die Aenderungen derselben während des Erwachens. Eine Wärmetopographie der hauptsächlichsten Körpergebilde wurde bei dieser Gelegenheit nicht gegeben. Die in diesem Aufsatze gemachten Mittheilungen sollen jenen Mangel wenigstens theilweise ergänzen.

Ein Normalthermometer, dessen Scala Fünftheile eines Grades unmittelbar anzeigte und Fünftheile desselben mit befriedigender Sicherheit schätzen, also $^1/_{25}$ C. erkennen liess, diente zu den thermometrischen Bestimmungen. Ein Sauerwald'scher Thermogalvanometer, von dem man 50 oder 100 Windungen des einen Millimeter dicken Kupferdrahtes nach Belieben benutzen konnte, wurde für die thermoelectrischen Untersuchungen gebraucht. Zwei Arten von Nadeln, die wir als stumpfe und als spitze unterscheiden wollen, konnten mit ihm verbunden werden. Jene waren ursprünglich für die Untersuchung der Körperhöhlen des Menschen, der Säugethiere und der Vögel bestimmt. Ein starker Eisendrath ist mit einem Kupfer- oder, wenn die Thermo-

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. II. Frankfurt a. M. 1857. 8. S. 222—246.

nadel empfindlicher sein soll, mit einem Neusilberdraht so zusammengelöthet, dass man das abgerundete stumpfe Ende in den äussern Gehörgang, die Mundhöhle, den Mastdarm oder die Scheide einführen oder in die Achselhöhle legen kann, ohne dass Schmerz entsteht. Die spitzen Nadeln, die zum Einstecken in innere Organe dienten, bestanden aus Kupfer und Eisen. Sie lieferten daher geringere Ausschläge des Galvanometers, als diejenigen stumpfen, welche aus Neusilber und Eisen zusammengesetzt waren.

Zwei junge Murmelthiere, von denen das eine 101 und das andere 108 Tage, so viel man sehen konnte, ununterbrochen und fest geschlafen hatte, wurden zu diesen Beobachtungen benutzt. Sie befanden sich in tiefster Erstarrung am Tage der Tödtung und schon eine Reihe von Tagen vorher. Man öffnete rasch die Brusthöhle von beiden Seiten und den obersten Theil der Bauchhöhle in der Mitte. Diese schnellste Tödtungsart der erstarrten Thiere führte, wie gewöhnlich, das Lebensende herbei, ohne dass ein Erwachen dazwischen trat. Nur einzelne, von langen Pausen unterbrochene tiefe Athemzüge traten als letzte Zeichen auf.

Ich führte das Normalthermometer unmittelbar nach der Eröffnung der Höhlungen des Rumpfes zuerst in die Bauch- und hierauf in die Brusthöhle, trepanirte alsdann ein Loch in der Schädelwand so rasch als möglich und versenkte das Thermometer in das grosse Gehirn. Beiläufig bemerkt, fand sich dabei, dass die ganz frische oberflächliche Masse der Grosshirnhalbkugeln weder empfindliches Lackmuspapier röthete, noch eine sehr verdünnte und daher nur bläuliche Cyaninlösung entfärbte.

Diese Beobachtung gab:

	Wärme in Celsiusgraden. Murmelthier.	
	Erstes.	Zweites.
Heu, in welchem das Thier unmittelbar vorher geschlafen hatte	9°,20	10°,80
Bauchhöhle	10°,06	11°,80
Brusthöhle	10°,08	11°,60
Grosshirn. Innere Masse	10°,10	11°,40

Wir sehen hieraus, dass das grosse Gehirn eben so stark, wie die Brust- und die Bauchhöhle während des Winterschlafes abgekühlt wird, und dass das Sinken seiner Wärme bis 10° oder 11½° C. die Möglichkeit des Wiedererwachens und der Rückkehr aller geistigen Fähigkeiten nicht aufhebt.

Die stumpfen Thermonadeln wurden häufig benutzt, die Wärme der Achselhöhe mit der des Leistenbuges während der tiefsten Erstarrung zu vergleichen. Es bestätigte sich hierbei die schon früher erwähnte Thatsache, dass jene wärmer als dieser zu sein pflegt.

Die spitzen Nadeln dienten zu dem Einstechen in das Innere von Theilen, wenn man z. B. die Wärme des rechten und des linken Herzens gegenseitig vergleichen wollte. Obwohl ich vorher die den Ablenkungsgrössen der Galvanometernadel entsprechenden Werthe der Wärmeunterschiede beider Löthestellen nach dem Erfahrungswerthe so genau, als möglich, zu bestimmen suchte, so sind sie doch immer nur als erste grobe Näherungen anzusehen.

Es fand sich:

Murmelthier.	Theil.		Ungefährer Unterschied in Celsiusgraden.
	Wärmer.	Kälter.	
Erstes	Achselhöhle.	Leistenbug.	1/10°
	Mundhöhle.	Mastdarm.	1/9°
	Linker Vorhof.	Rechter Vorhof	1/12°
Zweites	Linke Kammer.	Rechte Kammer.	1/4°
	Linke Lunge.	Magen.	2/3°
	Mastdarm.	Gehirn.	1/5°
	Mastdarm.	Linke Lunge.	1/6°
	Dünndarm.	Mundhöhle.	1/4°
	Mundhöhle.	Gehirn.	1/6°
	Muskeln des Oberarmes.	Muskeln des Oberschenkels.	1/9°
	Muskeln des Oberarmes.	Halsmuskeln.	1/5°
	Winterschlafdrüse in der Achselhöhle.	Rechte Lunge.	1/4—1/5°.

Diese thermoelectrischen Bestimmungen wurden unmittelbar nach Beendigung der thermometrischen Messungen angestellt. Sie sind insofern unsicherer, als die Ausgleichung der Wärme der thierischen Theile mit der der umgebenden Luft, die ungefähr + 15° C. hatte,

je nach Verschiedenheit der freien oder der geschützten Lage der untersuchten Organe, des Einflusses der Nachbargebilde derselben und der Wärmecapacität beider wechseln musste.

Diese Erfahrungen lehren:

1. Das Gehirn wird während des Winterschlafes eben so stark abgekühlt, als die übrigen inneren Körpertheile. Das zweite Murmelthier lieferte sogar für dasselbe 0°,2 bis 0°,4 C. weniger, als die Brust- und die Bauchhöhle. Die späteren thermoelectrischen Untersuchungen zeigten, dass es kälter als die Hohlräume der Mundhöhle und des Mastdarmes war. Seine Wärme übertraf nur um 0°,6 bis 0°,9 C. die der Luft des kalten Zimmers, in welchem das Thier geschlafen hatte (9°,2 und 10°,8 C.). Ein so abgekühltes Gehirn erzeugt noch Zusammenziehungen der Muskeln der Vorder- oder der Hinterbeine, wenn man die tieferen Markmassen derselben durch das Einstossen des Thermometers verletzt.

2. Erwacht das Murmelthier, so strömt, wie wir in einer folgenden Abhandlung sehen werden, mehr Blut zu dem Gehirne und dem centralen Nervensysteme überhaupt. Die Zahl der Herzschläge und der Athemzüge nimmt fortwährend zu. Die Wärme steigt daher nicht bloss in dem Gehirne, sondern in allen Körpertheilen überhaupt, und zwar bis zu Werthen, die allen wachen Säugethieren zukommen. Die Zusammenziehung der Muskeln erfolgt rascher. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung wird grösser. Alle Bewegungen und die damit zusammenhängenden Folgeerscheinungen gewinnen an Lebhaftigkeit. Die Intelligenz fehlt noch dem Thiere, wenn schon das Gehirn eine nicht unbedeutende Wärmeerhöhung darbietet. Das Pfeifen und Beissen nach Aufregungen fehlt noch, wenn selbst das schlaftrunkene Thier geraume Zeit auf den vier Beinen gestanden hat und selbst verhältnissmässig lange Strecken gegangen ist.

3. Da das Innere des rechten Vorhofes des ersten Murmelthieres kälter, als das des linken war, und sich dasselbe für die rechte und die linke Kammer der zweiten wiederholte, so werden wir schliessen, dass das hochrothe (kirschrothe) Schlagaderblut eine höhere Wärme, als das dunkelrothe Venenblut besass. Der mit den seltenen Athem-

zügen eingeführte Sauerstoff erhöhte daher die Wärme durch seine Verbrennungswirkungen mehr, als sie die geringe Kohlensäureausscheidung und besonders die Wasserverdunstung herabsetzte. Diese Folgerung ist um so sicherer, als das Herz noch lebhaft schlug und einzelne tiefe Athembewegungen von selbst eintraten, während jene Untersuchungen angestellt wurden.

4. Die höhere Wärme der Achselhöhle gegenüber der des Leistenbuges, welche die unversehrten fest eingeschlafenen Murmelthiere zu liefern pflegen, stimmte mit der thermoelectrisch ermittelten Thatsache, dass die Muskeln des Oberarms wärmer, als die des Oberschenkels sind. Dass z. B. der Mastdarm eine grössere Wärme, als die Lunge darbot, kann möglicher Weise davon herrühren, dass die Untersuchung erst zu einer Zeit vorgenommen wurde, zu welcher beide Theile durch die wärmere Umgebung ungleich erwärmt waren.

2. Abtödtung der Nerven und der Muskeln durch höhere Wärmegrade.

Die in der fünfundzwanzigsten Abtheilung dieser Beiträge erläuterte Thatsache, dass die Nerven und die Muskeln der erstarrten Murmelthiere ihre Reizempfänglichkeit erst in höheren Wärmegraden, als die gleichen Theile der Frösche vorübergehend einbüssen, führte mich zu einer Reihe von Versuchen, welche die Wärmegrössen bestimmen sollten, bei denen jene Lebenseeigenschaften für immer zu Grunde gehen.

Ich benutzte zu diesem Zwecke die beiden Hinterbeine des oben erwähnten zweiten Murmelthieres. Ein jedes derselben war im Hüftgelenk entfernt und dann von dem andern getrennt worden. Ich sonderte den Hüftnerven von seinem obersten Ende bis zu dem Kniegelenk und band an jenes ein Glasstück von ungefähr zwei Gramm Gewicht, um sicher zu sein, dass der ganze Nerv in das warme Wasser, dessen Einfluss man ihn aussetzte, tauchte. Die spätere Prüfung mit dem Magnetelectromotor wurde so vorgenommen, dass ich den Nerven auf eine trockene Korkplatte bettete und die zwei Nadeln, die sich an den beiden Leitungsdrähten der Inductionsrolle

befanden, in den obersten Theil desselben in einer gegenseitigen Entfernung von ungefähr acht Millimeter stach. Die inducirte Rolle war so weit von der inducirenden hinweggeschoben, dass sich ein Zwischenraum von einem bis zwei Centimeter zwischen den beiden, einander zugewandten Enden derselben befand. Da nur zwei mit gesättigter Kochsalz-Alaunlösung versehene Zink-Kohlenelemente den Magnetelectromotor trieben, so hatte man im Ganzen nicht sehr starke Schläge. Ein in den erregenden Kreis eingeschalteter Punktschliesser machte es möglich, die Inductionsströme in einem beliebigen Augenblicke eintreten zu lassen. Die Muskelstücke wurden später ausgeschnitten, in das heisse Wasser gebracht und hierauf auf ihr Verkürzungsvermögen in ähnlicher Weise geprüft.

Versuchsnummer.	Zeit nach dem Tode in Stunden.	Hinterbein.	Geprüfter Theil.	Zeit des Aufenthaltes in dem warmen Wasser in Secunden.	Wärmegrenzen des Wassers in Celsius-Graden.	Erfolg.
1.	3—3½	Linkes	Gesonderter Hüftnerv.	60	62°,5—55°,0	Reizbar.
2.				60	68°,3—60°,1	Dsgl.
3.				30	86°,7—72°,0	Dsgl.
4.				30	90°,4—79°,0	Dsgl.
5.				60	86°,0—67°,0	Dsgl.
6.				120	88°,0—71°,0	Dsgl.
7.			Stück des Wadenmuskels.	30	83°,8—70°,0	Unempfänglich.
8.			Anderes Stück desselben.	30	60°,0	Dsgl.
9.	3½—4	Rechtes	Deltoideus	140	51°,2—45°,5	Reizbar.
10.			Biceps brachii.	120	57°,0—49°,0	Unempfänglich.
11.			Supinator longus.	120	52°,5—45°,0	Dsgl.
12.			Hüftnerv.	120	55°,0—50°,2	Reizbar.
13.				120	58°,0—51°,2	Dsgl.

Diese Versuche zeigen:

1. Die Kochung oder die Wärmestarre der Muskeln trat ein, wenn sich die Masse derselben nicht sehr lange Zeit in Wasser, das ein wenig über 50° C. darbot, aufgehalten hatte.

2. Die Wärmegrenze, welche die Thätigkeit der Hüftnerven aufhob, lag merklich höher. Hatte auch der durch frühere Versuche

schon erwärmte Hüftnerv in Wasser, das im Anfange 58° C. zeigte, zwei Minuten lang verweilt, so blieb er dennoch reizbar. Die Versuchsanordnung beseitigte jede Gefahr einer Täuschung durch Stromesschleifen. Der Nerv erschien dabei an seiner Oberfläche geschrumpft und dampfte auf das Lebhafteste.

XVIII.

Ueber die Pathogenese der Epilepsie.

Von

P. Albertoni.

I. Einleitung.

Es ist nicht meine Absicht, die Meinungen aufzuzählen, die über die Natur der Epilepsie aufgestellt worden sind, sondern nur die wichtigsten experimentellen Thatsachen zu erwähnen, welche die Pathogenese dieser Krankheitsform betreffen.

Marshall-Hall[1]) war der erste, der eine wissenschaftliche und physiologische Meinung über die Epilepsie hegte. Ich glaube, schrieb er, dass es mir, vermittelst des diastaltischen Nervensystems, gelungen ist, bis zu einem gewissen Grade jene grosse Frage der medicinischen Wissenschaft, welche die Epilepsie betrifft, zu beleuchten. Ich glaube in den Fällen der Epilepsie unorganischer Natur gesehen zu haben, dass die Gemüthsbewegungen oder Leidenschaften, die Magen- und Darmreize, die Uterusstörungen u. s. w. auf die Muskeln des Halses wirken, die ersten in directer Weise, die zweiten auf dem Wege des Reflexes und der Diastaltik, wobei sie unter andern Wirkungen 1° Compression der Venen, 2° Verschluss der Glottis, 3° Vorstrecken und Beissen der Zunge u. s. w. hervorbringen; diesen Zustand bezeichne ich mit dem Namen Trachelismus. Alle diese Effecte sind dem Beobachter deutlich. Mit der Zusammendrückung der Venen steht

[1]) Marshall-Hall. Comptes rendus 1851. Id. Aperçu du syst. spinal 1855.

in enger Verbindung die Purpurfarbe des Gesichts, das Anschwellen des Hirns — die Hirnsymptome —, der Schwindel, die Vergesslichkeit, die fallsuchtartigen Convulsionen (il piccolo male); und mit dem mehr oder weniger vollkommenen Verschluss der Glottis stehen in Verbindung die Rückenmarksymptome, vor Allem die allgemeinen Convulsionen, Erscheinungen, welche die Epilepsie bilden.

Obwohl die Lehre von Marshall-Hall verlassen wurde, so bleibt ihm doch das Verdienst, den Mechanismus, durch welchen sich die Epilepsie peripherischen Ursprungs entwickelt, erklärt zu haben, und die fallsuchtartigen Convulsionen als die Folge einer Exaltation der reflectorischen Thätigkeit des Rücken- und verlängerten Marks betrachtet zu haben.

Während Marshall-Hall sich damit begnügte, eine Aufklärung über die beim Menschen wahrgenommenen Erscheinungen zu geben, betraten Kussmaul und Tenner entschieden den experimentellen Weg. Ich stelle hier die wichtigsten Resultate zusammen, welche diese Autoren [1]) durch ihre zahlreichen an Kaninchen ausgeführten Versuche erhalten haben.

A) Die Convulsionen, welche sich bei warmblütigen Thieren und beim Menschen durch plötzliche Anämie des Hirns in Folge einer Hämorrhagie oder Unterbindung der grossen Halsgefässe erzeugen, sind den bei Epilepsie beobachteten ganz gleich. Die fallsuchtartigen Convulsionen kommen auch vor, wenn das arterielle Blut schnell die Eigenschaften des venösen Blutes annimmt, und dies geschieht bei Unterbindung der Luftröhre. Die Convulsionen in Folge von Blutverlust kommen nicht vor: a) bei Kaltblütern, wenigstens nicht bei Fröschen; b) wenn der Blutverlust lange dauert, so dass die Kräfte allmählich abnehmen; c) wenn die Thiere sehr abgeschwächt sind; d) wenn die Ernährung des Rückenmarks gelitten hat; e) wenn grosse Stücke der erregbaren Provinz des Grosshirns zerstört sind;

---

[1]) Kussmaul und Tenner, Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsuchtartigen Zuckungen bei der Verblutung, sowie der Fallsucht überhaupt. Moleschott's Untersuchungen Bd. III, I, 1857.

f) bei ätherisirten Thieren; g) wenn die reizbaren Theile des Hirns gewisse pathologische Veränderungen erlitten haben.

B) Die epileptischen Convulsionen sind weder vom Hirn noch vom Rückenmark abhängig; vielmehr ist ihr Centralherd in jenen erregbaren Theilen des Hirns zu suchen, welche hinter den Thalami optici liegen. Die Erscheinungen des unvollkommenen Anfalls entstehen nur durch Veränderungen des Grosshirns, während die Erscheinungen des vollständigen Anfalls im Gegentheil eine Veränderung des Gesammthirns voraussetzen.

C) Nicht der Sphagismus (Compression der Halsvenen) und der Trachelismus (Contraction der Nackenmuskeln) von Marshall-Hall, sondern der Laryngismus sind als die Quelle der Anfälle der Epilepsie zu betrachten. Alle Theorien, welche den epileptischen Anfall von unerwarteten activen, passiven oder gemischten Blutcongestionen abhängig machen, sind falsch. Es ist wahrscheinlich, dass gewisse Formen der Epilepsie von einem Spasma der Arterien im Hirn abhängig sind. Das verlängerte Mark, als Ursprungsort des Verschlusses der Stimmritze und der vasomotorischen Nerven, scheint gewöhnlich der Ausgangspunkt des epileptischen und eclamptischen Angriffes zu sein.

Diese Versuche bezüglich der Erzeugung der Convulsionen durch quantitative und qualitative Veränderungen des in den Nervencentren circulirenden Blutes, sind von verschiedenen Seiten und in verschiedener Weise bestätigt worden.

Landois behauptete, dass bei Kaninchen allgemeine Convulsionen durch Verschluss der Halsvenen hervorgerufen werden können. Es gelang Hermann und Escher[1]) bei Katzen durch Compression der grossen Venen, die das Blut vom Hirn zurückführen, Symptome hervorzurufen, die denen, welche durch Verschluss der zuführenden Arterien bewirkt werden, durchaus gleichen, d. h. Coma und allgemeine Convulsionen, nur mit dem Unterschied, dass bei dem Venenverschluss die Erscheinungen sich ein wenig langsamer entwickeln.

---

[1]) L. Hermann und Th. Escher. Ueber die Krämpfe der Circulationsstörungen im Gehirne. Pflüger's Archiv, 1870.

Langendorff und Zander[1]) haben unlängst beobachtet, dass, wenn eine gewisse Dose Chloral unter die Haut eines Kaninchens eingespritzt wird, es gelingt, durch electrische Reize des Nervus vagus einen gänzlichen, bis 60 Secunden dauernden Stillstand des Herzens hervorzurufen. Nun entwickelt sich bei diesen Thieren 10 oder 15 Secunden nach dem Beginn des diastolischen Stillstandes ein vollkommener epileptischer Anfall. Langendorff und Zander fügen hinzu, dass die von ihnen beobachteten Convulsionen identisch sind mit den anämischen Convulsionen von Kussmaul und Tenner, und dass ihre Versuche mit dem von Rosenthal[2]) durch Herzgifte erhaltenen Resultate übereinstimmen, da dieser Autor nachgewiesen hat, dass eine langdauernde Diastole des Herzens allgemeine Convulsionen hervorruft. J. Rosenthal hat nach der Arbeit von Langendorff und Zander eine Bemerkung veröffentlicht, in welcher er erklärt, dass er keineswegs diese Convulsionen als epileptische betrachten kann. Sie sind seiner Meinung nach anämische Convulsionen und haben mit den Convulsionen durch Asphyxie einen gemeinschaftlichen Ursprung.

Wichtig sind einige neue Experimente von Luchsinger[3]) an Katzen, nach welchen auch bei isolirtem Rückenmarke die Asphyxie (asphyctisches Blut) und Hämorrhagie (zwei Processe, deren fundamentale Identität schon von Marshall-Hall anerkannt wurde) eine heftige Erregung hervorrufen, welche sich in Convulsionen und Schweissabsonderung äussert: diese Erscheinungen sind gewiss abhängig von directer, nicht reflectorischer Erregung der motorischen Ganglien des Rückenmarks, denn sie existiren auch nach der Durchschneidung aller hinteren Wurzeln, die sich unter der Stelle, wo das Mark zertheilt ist, befinden.

Die Ursache, weshalb den Vorgängern Luchsinger's ähnliche

---

[1]) O. Langendorff und R. Zander. Epileptische Krämpfe bei peripherer Vagusreizung. Centralblatt f. d. med. Wiss., 1878 p. 68.

[2]) Rosenthal. Ueber Herzgifte. Arch. f. Anat. u. Phys. 1865. p. 601.

[3]) B. Luchsinger. Weitere Versuche und Betrachtungen zur Lehre von den Nervencentren. Pflüger's Archiv B. 14, p. 385.

Versuche nicht gelungen sind, ist in jener von Goltz[1]) nachgewiesenen Thatsache zu suchen, dass unmittelbar nach der Durchschneidung des Rückenmarks seine Erregbarkeit bedeutend verringert ist, so dass man oft sogar die einfachsten reflectorischen Bewegungen nicht erhalten kann. Auch Luchsinger beobachtete, dass das asphyctische Blut als Reiz für das unter dem Durchschnitt gelegene Mark sogleich nach der Operation nicht wirkte, aber einige Stunden nachher.

Auf Grund alles bisher Angeführten, können wir mit Luchsinger der Meinung Kussmaul's und Tenner's und Anderer entsagen, welche behaupten, dass in den von asphyctischem Blut hervorgerufenen Convulsionen das Rückenmark nicht als Centrum, sondern als Leiter wirksam ist, und dass die Convulsionen nur vom Reize eines umschriebenen Herdes abhängig sind, welcher an der Basis des Hirns sich befindet. Diese Deduction ist wirklich aus Versuchen gezogen, in welchen die Asphyxie und Hämorrhagie nicht im Stande waren, Convulsionen in den Muskeln hervorzurufen, die von dem unter dem Durchschnitt gelegenen Theile des Rückenmarks abhängig sind; allein diese Versuche waren sogleich nach der Verletzung gemacht worden.

In vollkommener Uebereinstimmung mit diesen Versuchen von Luchsinger stehen einige Versuche von Freusberg und Schroff junior.

Der Werth der bis jetzt angeführten Untersuchungen, betreffend die Pathogenese der Epilepsie, ist durch die Frage bedingt, ob dem epileptischen Anfall eine quantitative Modification des Blutes, welches das Hirn versorgt, vorangeht. Eine directe Demonstration dieser Annahme ist nicht angegeben worden, einige bekannte Thatsachen widersprechen ihr sogar. Nothnagel[2]) führt für die Existenz eines Krampfes der Hirngefässe die Fälle von Epilepsie an, welche zum

[1]) Fr. Goltz. Ueber die Functionen des Lendenmarks des Hundes. Pflüger's Archiv, 1874.

[2]) H. Nothnagel. Sull' accesso epilettico. Raccolta di Volkmann, trad. di G. Petteruti. Napoli 1877.

Beispiel von Marowsky, von Bernhardt und von ihm selbst beschrieben sind, Fälle, in welchen dem Angriffe deutlich ausgesprochene Symptome des Krampfes der Hirngefässe vorangingen.

Die Erscheinungen der Epilepsie, besonders der acuten Epilepsie bei anämischen Personen können leicht erklärt werden durch die oben angeführten Versuche. Da ausserdem sehr oft während des Anfalls eine Blutstauung in den Halsvenen vorkommt, so können wir annehmen, dass dieses Element bei Hervorrufung der Convulsionen als Nebenursache auftritt, denn die Unterbindung der Halsvenen bei Thieren ist Ursache von Convulsionen.

Ein wenig früher als Kussmaul und Tenner gelang es Brown-Sequard [1]), eine dauernde Epilepsie bei Meerschweinchen künstlich hervorzurufen. Diese erhielt er, indem er einen grossen Theil des Rückenmarks oder bloss die hinteren, vorderen und seitlichen Stränge quer durchschnitt, oder durch einen einfachen Stich in das Mark, ebenso auf die Nerven wirkend durch Ausreissung, durch vollkommene oder unvollkommene Durchschneidung, oder durch einfachen Reiz des Ischiadicus und Durchschneidung des Sympathicus abdominalis, endlich vermöge einer Verletzung der Pedunculi cerebri oder der Tubercula quadrigemina.

Die Krankheit entwickelt sich 4—5 Wochen nach der Verletzung des Marks. Die Form des Anfalls kann man folgendem Experiment Vulpian's entnehmen. In einem durch Ausreissung des linken Nervus ischiadicus epileptisch gewordenen Meerschweinchen kneipt man die Haut der epileptogenen Zone (der linken Backe). Das Thier nähert seine hintere Pfote (deren zwei äussere Finger nicht mehr existiren) seiner Schulter und linken Backe, neigt seinen Kopf zur selben Seite, kratzt sich lebhaft, schliesst die Augen: ein convulsives Zittern durchzuckt seinen ganzen Körper; es wälzt sich auf den Rücken. Die convulsivische Aufregung hört bald auf: es folgt eine gänzliche Unbeweglichkeit und Erschlaffung für einige Augenblicke;

[1]) Brown-Sequard: Researches on Epilepsy. Boston 1857. — Nouvelles recherches sur l'épilepsie etc. Arch. de phys. nor. et path., 1869. — Leçons sur les Nerfs vaso-moteurs, sur l'épilepsie etc. Traduites de l'anglois par le doct. Béni-Barde.

dann richtet sich das Meerschweinchen wankend auf, macht einige unsichere Schritte und kommt schnell in seine gewöhnliche Haltung zurück.

Die oben erwähnten Verletzungen sind jedoch bloss im Stande, eine Neigung zu den Anfällen hervorzubringen, aber diese kommen gewöhnlich nur dann zu Stande, wenn eine bestimmte Region der Hautoberfläche gereizt wird, welcher Brown-Sequard den Namen der epileptogenen Zone gab.

Diese Zone ist immer dieselbe für alle Thiere und für eine jegliche Art von Verletzung, sie befindet sich auf derselben Seite der Verletzung, nimmt einen Theil des Gesichts und des Kopfes ein und erhält Nerven vom fünften Paar und vom zweiten und dritten Cervicalpaare; nur wenn die Epilepsie vermöge einer Verletzung der Pedunculi cerebri und der Tubercula quadrigemina hervorgerufen war, liegt sie an der der Verletzung entgegengesetzten Seite. In manchen Fällen kann die epileptogene Zone doppelt sein (Vallat[1]), Brown-Sequard).

Es ist merkwürdig, dass, während die epileptogene Zone durch Einfluss gewisser Erregungen (wie das Kneipen) einen convulsiven Anfall hervorruft, sie dennoch fast unempfindlich geworden ist. Im Anfang der Krankheit ist Reizung der epileptogenen Zone absolut nothwendig, um die Anfälle hervorzurufen, und die ersten Anfälle sind nie ausgesprochen. Ist einmal die Krankheit erworben, so neigt sie dazu dauernd zu werden; die Heilung ist jedoch nicht unmöglich; letztere zum Beispiel sieht man, wenn die beiden Theile des durchschnittenen Nervus Ischiadicus sich vereinigen (Archives de Phys. etc. 1872). Oefters wird diese Epilepsie erblich: sie äussert sich bei Kindern einige Zeit nach ihrer Geburt, und bei ihnen giebt es auch eine epileptogene Zone.

Brown-Sequard erhielt bei seinen Thieren Anfälle, auch nachdem er das Grosshirn, das Kleinhirn und einen Theil der Protuberantia und des verlängerten Marks abgetragen hatte.

---

[1]) E. Vallat, Zone epileptogène. (Gazette Médicale, 1873, Nr. 13.)

Für Brown-Sequard ist der Verlust des Bewusstseins bei den Epileptikern von einer Störung des vasomotorischen Apparats, das heisst von einer Contraction der Gefässe herzuleiten. Bei den epileptisch gemachten Meerschweinchen können durch Ausreissung der oberen Halsganglien des Sympathicus Anfälle hervorgerufen werden, aber Alles beschränkt sich auf Convulsionen, und es entsteht kein Verlust des Bewusstseins.

Die Epilepsie mit Existenz der epileptogenen Zone in Fällen der Verletzung des Nervus ischiadicus war nicht bloss bei Meerschweinchen beobachtet, sondern auch vom Menschen waren viele solche Fälle verzeichnet. Trasbot hat sie bei Katzen gefunden, Brown-Sequard selbst bei Kaninchen.

Vulpian[1]), wie viele andere Autoren, war im Stande, die Resultate von Brown-Sequard bezüglich künstlicher Erzeugung der Epilepsie zu bestätigen, aber nicht in allen Stücken. Bei den vermöge Ausreissung des centralen Abschnitts des Nervus ischiadiacus epileptisch gemachten Meerschweinchen bekam man unvollkommene Anfälle, aber auch vollkommene mit Verlust des Bewusstseins nach dem Ausreissen der beiden oberen Halsganglien des Sympathicus. Vulpian fand in epileptisch gemachten Meerschweinchen während des Anfalls keine Zeichen von Constriction der Gefässe in dem von ihm blossgelegten Hirn.

Westphal[2]) beobachtete, dass ein leichter Stoss auf den Kopf eines Meerschweinchens unmittelbar oder im Verlauf einer Minute einen Anfall der Epilepsie verursacht. Nach einiger Zeit entwickelt sich eine epileptogene Zone an dem von Brown-Sequard bezeichneten Ort. Die Dauer der so erzeugten Epilepsie währt 6 Wochen bis 6 Monate. Die zwei Jungen eines auf diese Weise epileptisch gewordenen Weibchens hatten eine Zone, deren Erregung Anfälle bewirkte.

---

[1]) Vulpian. Leçons sur l'appareil vaso-moteur. V. II.

[2]) C. Westphal. Ueber künstliche Epilepsie bei Meerschweinchen. Berliner Klin. Wochenschrift, 1871 Nr. 38 u. 39. Analyse in Archives de Phys. norm. et patholog. 1872.

Der Schlag auf die Knochen des geöffneten Schädels erzeugt sogleich einen Anfall. Die Erregung der Haut des Schädels durch den Schlag nimmt daran keinen Antheil. Westphal legt einen pathogenetischen Werth auf die kleinen Hämorrhagien, welche in der weissen Substanz des verlängerten Marks und des Halsmarks entstehen.

Westphal hat auch beobachtet, dass es bei den epileptisch gemachten Thieren unmöglich war, die epileptischen Anfälle vermittelst künstlicher Respiration zu verhindern. Dasselbe negative Resultat erhielt in ähnlichen Versuchen Filehne[1]).

In einem epileptischen, gänzlich apnoisch gemachten Meerschweinchen trat der charakteristische Anfall durch Kneipen der epileptogenen Zone ein. Auch die durch gewisse giftige Substanzen (Picrotoxin und Nicotin) erzeugten Convulsionen können vermittelst künstlicher Respiration weder verhindert, noch geringer werden (Rosenthal und Uspensky); dies ist dagegen möglich bei den Convulsionen, die durch Strychnin, Brucin, Thebaïn, Coffeïn verursacht sind (Leube, Rosenthal und Uspensky).

Obersteiner[2]) bestätigt die Erblichkeit der Epilepsie (Methode von Brown-Sequard und Westphal) und will das Gesetz entdeckt haben, dass die Epilepsie der Mutter schädlicher für die Kinder ist, als die des Vaters, und dass ausser der Epilepsie Schwäche, Parese und eine Affection der Augen, die der Neuroparalyse ähnlich ist, vorkommen.

Die Epilepsie konnte auch experimentell hervorgerufen werden vermittelst einiger Substanzen, die toxische Wirkung besitzen. Am wichtigsten sind in dieser Beziehung die Untersuchungen von Magnan mit Absinth[3]). Er erhielt die Epilepsie, indem er in den Magen

[1]) Filehne. Ueber Apnoe und die Wirkung eines Kohlensäurestroms auf die Schleimhäute auf verschiedene Krampfformen. Du-Bois-Reymond's und Reichert's Archiv f. Anat. u. Phys. 1873, p. 379.

[2]) H. Obersteiner. Zur Kenntniss einiger Hereditätsgesetze. Wiener Med. Jahrb. 1875.

[3]) Magnan. Recherches de Physiologie pathologique avec l'alcohol et l'essence d'absinthe. Epilepsie. „Archives de Phys. etc." 1873, Nr. 2.

eines 14 Kg. schweren Hundes 5 Gr. Absinthessenz, oder 0,15 Gr. in dessen Venen einspritzte. Der Anfall erzeugte sich auch dann, wenn vorher die Hirnhalbkugeln abgetragen waren. Nach der Durchschneidung des Rückenmarks, etwa unter dem verlängerten Mark erhielt man zuerst durch Injection von Oel in die Venen einen Anfall, beschränkt auf die Theile, welche vom verlängerten Mark innervirt sind (Convulsionen des Gesichts und der Kaumuskeln, Schaum am Munde), später kommt auch das Rückenmark an die Reihe (tonische und clonische Convulsionen mit Harn- und Fäcesausscheidung). Während des Anfalls werden die Retina, das Hirn und das Mark stark hyperämisch (active Hyperämie oder Venenstase?), die Pupillen werden erweitert. Auch beim Menschen entwickelt sich die Epilepsie in Folge des Gebrauches von Absinth.

Viele Physiologen beschäftigen sich damit, ein sogenanntes convulsives Centrum zu finden (Krampfcentrum), das heisst, jene Theile des centralen Nervensystems zu begrenzen, welche, einmal gereizt, fähig sind, allgemeine Convulsionen zu erzeugen. Es ist immer der Widerhall der Versuche von Kussmaul und Tenner, der sich vernehmen lässt, das heisst, dass bloss ein beschränkter Theil der Protuberantia und des verlängerten Marks als convulsives Centrum functionirt. Das Irrthümliche solcher Sätze ist genügend bewiesen.

Vor Allem zeigte Nothnagel (l. c.), dass in der Substanz der Varolsbrücke der Punkt zu suchen ist (Anhäufung von Ganglienzellen), von welchem die ganze Muskulatur des Rumpfes und der Extremitäten in Thätigkeit versetzt werden kann, und dass die Varolsbrücke in sich das Centrum der Convulsionen verbirgt. Er erwähnt die ohne Zweifel sehr wichtige anatomische Thatsache, dass Deiters in der Brücke die erste centrale Endigung der motorischen Fasern, welche von der Peripherie kommen, aufgefunden hat.

Nothnagel sah in seinen Versuchen, dass die Irritation der Protuberantia und eines bestimmten und beschränkten Theils des verlängerten Marks (die Rautengrube) im Stande ist, allgemeine Convulsionen in den Säugethieren zu erzeugen, und ausserdem, dass

bei den Warmblütern, hauptsächlich bei den Kaninchen, wenn auf einmal der Kopf vom Rumpf abgetrennt wird, in den Extremitäten clonische Convulsionen entstehen, deren Intensität allmählich abnimmt. Dieselben Convulsionen erhielt man auch nach jeder Durchschneidung des Rückenmarks in seiner ganzen Breite bis unter die Hälfte des Lendenmarks, wenigstens bei Kaninchen.

Eine gediegene und ausführliche Arbeit über das Krampfcentrum des Frosches verdanken wir E. Heubel[1]). Er fand, dass in diesen Thieren allgemeine und charakteristische Convulsionen sich bloss dann zeigen, wenn ein beschränkter Punkt des oberen Theils der Oberfläche des verlängerten Marks und besonders der Rautengrube gereizt wird (mechanisch). Dasselbe Resultat erhielt er, nachdem er das Hirn und die Sehhügel zerstört hatte.

Es giebt einige Stoffe, die allgemeine Convulsionen erzeugen, und die nach Heubel ihre Wirkung gerade auf das erwähnte Centrum, welches er beim Frosche sehr deutlich begrenzt hat, ausüben. Diese Stoffe sind Picrotoxin und Nicotin.

In enger Verbindung mit diesen Versuchen stehen die Untersuchungen von Owsjannikow[2]) über die Reflexbewegungen. Er verglich die Reflexbewegungen bei Kaninchen vor und nach der Trennung des verlängerten Marks vom Rückenmark.

Als Reiz diente ein inductiver Strom, durch dessen Anwendung an einer Extremität Reflexbewegungen erschienen, welche allgemein wurden und auf alle Glieder sich verbreiteten, wenn das verlängerte Mark erhalten war, und Bewegungen, welche bloss auf die gereizte Extremität beschränkt waren, wenn das verlängerte Mark auf der Höhe des Calamus Scriptorius durchschnitten war. Das Centrum für die verallgemeinerten Reflexbewegungen liegt also im verlängerten Mark.

Die Thatsache, dass nach der Trennung des verlängerten Marks

---

[1]) Emil Heubel. Das Krampfcentrum des Frosches und sein Verhalten gegen gewisse Arzneistoffe. Pflüger's Archiv. Bd. IX. S. 263.

[2]) Ph. Owsjannikow. Ueber einen Unterschied in den reflectorischen Leistungen. Ber. d. Sächs. Acad. Math. Phys. 1874. 457–464.

vom Rückenmark die Reflexbewegungen bloss local sind, hat jedoch keine absolute Bedeutung.

Wenn im oberen Theile des verlängerten Marks eine Anhäufung von Zellen sich befindet, welche die verschiedenen Muskeln des Körpers zur Zusammenziehung bringen können, wenn dort ein convulsives Centrum oder ein Centrum für verallgemeinerte Reflexbewegungen sich befindet, so können wir leicht annehmen, dass ein gereizter oder gespannter Zustand dieses Centrums die Ursache plötzlicher convulsiver Anfälle wird, und wenn sich die Störung auf andere Nervencentren verbreitet, auch Ursache der echten Epilepsie.

Es mag hier erwähnt werden, dass in unmittelbarer Nähe des angeführten Centrums, und sogar fast mit ihm vermengt sich die vasomotorischen und respiratorischen Centren befinden. Darin liegt, wie mir scheint, die Wichtigkeit und Bedeutung der Versuche von Nothnagel, Heubel, Owsjannikow in Betreff der Pathogenese der Epilepsie.

Ein neuer Horizont hat sich für das experimentelle Studium der Epilepsie durch die Untersuchungen über die Erregbarkeit des Hirns eröffnet. Wir werden unten sehen, wäs für einen Antheil die Kliniker daran nahmen.

Hitzig zusammen mit Fritsch entdeckte die electrische Erregbarkeit des Hirns [1]).

Bei den zwei Hunden, die in ihren Versuchen gebraucht wurden, bei welchen starke tetanisirende Ströme auf die Oberfläche des Hirns angewendet waren, fanden vollkommene epileptische Anfälle statt. Der Anfall begann an einer Seite mit Convulsionen in den Muskeln, welche dem zuerst gereizten Centrum entsprachen, aber nachher verbreitete er sich über alle Muskeln des Körpers. Die Pupillen waren auf das Aeusserste erweitert. Eins dieser Thiere hatte zwei, das andere drei solcher Anfälle. Die Autoren fügen hinzu, dass man vielleicht erwiedern kann, dass die Hunde schon vorher epileptisch waren. Aber eins dieser Thiere lebte sechs Jahre bei demselben

[1]) E. Hitzig. Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1874.

Wirthe, ohne an Convulsionen gelitten zu haben. Die Antecedentien des anderen waren unbekannt.

Hitzig studirte nachher die künstliche Erzeugung der Epilepsie in Folge von Verletzungen der Corticalsubstanz beim Hunde. Ich stelle hier in der Kürze seine Experimente zusammen.

Erster Versuch. Bei einem kleinen Hunde wird ein etwa linsengrosser Theil des Centrums für die vordere rechte Extremität ausgerissen. Am dritten Tage nach der Operation ruft ein leichter Druck auf den operirten Ort, der sehr empfindlich ist, Convulsionen in der rechten vorderen Extremität hervor. Etwa 3 Monate nachher hatte der Hund, der bis jetzt stets gesund war, einen epileptischen Anfall, der mehrere Stunden dauerte. Solche Anfälle wiederholten sich fast täglich und manchmal auch einigemal im Tage. Als der Hund 12 Tage, nachdem die Anfälle begonnen hatten, getödtet war, fand man an dem durchbohrten Ort eine Masse Bindegewebe, durch welches die Haut mit der Hirnsubstanz verwachsen war. In letzterer befand sich ein Herd von braunfarbiger erweichter Substanz, die von erweichter weisser Substanz umgeben war.

Zweiter Versuch. Bei einem kleinen Hunde war das Centrum für die rechte vordere Extremität blossgelegt und cauterisirt. Nach 19 Tagen erscheint plötzlich ein vollkommener epileptischer Anfall, der ungefähr eine Viertelstunde dauert. Nach dessen Ablauf dauerten die Convulsionen in der vorderen rechten Extremität noch Stunden lang. Drei Tage nach der Operation war der Hund todt. Bei der Section fand man an dem operirten Ort eine erweichte weisse Masse mit einem braunen Centrum.

Dritter Versuch. Ein kleiner Hund. Exstirpation eines Theiles des Centrums für die vordere rechte Extremität. Am nächsten Tage hatte der Hund starke Convulsionen, an welchen immer alle Muskeln der rechten Hälfte des Körpers, die Kaumuskeln, Respirationsmuskeln und die Augenmuskeln der beiden Seiten theilnahmen. Die Muskeln der linken Hälfte waren nur ausnahmsweise betheiligt.

Die Autopsie, die man am folgenden Tage machte, zeigte am operirten Ort eine kleine erweichte rothe Stelle.

Vierter Versuch. Exstirpation des Centrums für die hintere Extremität (wahrscheinlich die rechte, aber der Autor giebt es nicht an). Nach der Operation sind die Störungen der Muskelthätigkeit unbedeutend, ausserdem äussern sie sich mehr an der vordern Extremität, als an der hintern. 16 Tage darauf ein vollkommener epileptischer Anfall, der sich fast ohne Unterbrechung an den 2 folgenden Tagen wiederholte, am Ende deren der Tod erfolgte.

Section: Fast Alles ist normal und die dura mater ist an der rechten Seite nicht verwachsen; die linke Seite ist überall verdickt trüb; an der inneren Seite blutige Extravasation. Am durchbohrten Orte bemerkt man eine gelbe Färbung der Corticalsubstanz und in der Mitte ein röthlich-braunes Infarct, 4—5 Millimeter tief.

Ferrier[1]) unternahm eine Reihe von Untersuchungen, um die Richtigkeit der Theorien von H. Jackson über die Pathogenese der Epilepsie und anderer Krankheiten experimentell zu beweisen. Seine Versuche stellte er an Meerschweinchen, Kaninchen, Katzen und Hunden an, bei denen er, nachdem er sie anästhesirt hatte, das Hirn blosslegte und es mit verschiedenen, oft intensiven unterbrochenen Strömen reizte. Bei Reizung verschiedener Punkte der Cortical-Substanz erhielt er Convulsionen, welche sich auf eine Gruppe von Muskeln der entgegengesetzten Seite beschränkten, oder sich fast auf alle Muskeln einer Hälfte verbreiteten. In keinem seiner Versuche wird ein wirklich vollkommener epileptischer Anfall beschrieben, und da die Thiere anästhesirt waren, so war die Möglichkeit ausgeschlossen, ihren Intelligenzzustand und ihre Empfindlichkeit, das heisst zwei der wichtigsten Symptome des epileptischen Anfalls zu prüfen. Die allgemeine Irritation der beiden Hemisphären äussert sich zuerst in den meist erregbaren Theilen, welche mit den Centren zusammenfallen, die sich direct unter dem Einfluss des Willens befinden. Wenn der electrische Strom auf ein Centrum localisirt ist, beginnen die Convulsionen in den Muskeln, die diesem Centrum entsprechen: eine

---

[1]) D. Ferrier. Recherches experim. sur la phys. et la pathologie cérébrale. Trad. di H. Duret. Paris 1874.

wichtige Thatsache für die genaue Diagnose des Sitzes der Verletzungen der Hemisphäre. Als Beweis hierfür citirt Ferrier den Fall eines Mannes, der kurz vor dem Tode am rechten Arm allgemeine Convulsionen hatte. Er diagnostisirte eine Verletzung des hinteren Theils der oberen Stirnwindung. Bei der Autopsie fand man einen Tumor, welcher den hinteren Theil der oberen Stirnwindung der linken Hemisphäre einnahm.

Es verdient noch erwähnt zu werden, dass Ferrier den Opisthotonus durch electrische Reizung des Vierhügels und verschiedene Bewegungen der Augen durch Reizung des Kleinhirns erhielt, so dass er dieses Organ als ein coordinirendes Centrum für die Bewegungen des Augapfels und den Nystagmus als eine fallsuchtartige Affection der oculomotorischen Centren des Kleinhirns betrachtete.

In seinem Versuche der experimentellen Physiologie über die Nervencentren des psychischen Lebens in den 4 Klassen der Wirbelthiere (Milano 1864) erwähnt P. Renzi sehr oft, und, so viel mir bewusst ist, zuerst den Nystagmus unter den Wirkungen der mechanischen Reizung des Kleinhirns bei Fischen, Vögeln und Säugethieren. Ich hatte vielmals die Gelegenheit, ihn zu beobachten und ihn einige Tage andauern zu sehen bei Hunden, bei welchen ich das Kleinhirn desorganisirt hatte, aber er kommt nicht nur in diesem Fall vor, sondern auch in Folge von Verletzungen des verlängerten Marks und der Hirnbasis.

Tadelnswerth, aber wichtig ist der Versuch, den Dr. Bartholow[1]) an einem Menschen ausführte. Es handelt sich um einen irländischen 30 Jahre alten Diener, der ein Epithelioma hatte, das ihm den Schädel durchbohrt und das Hirn in der Region der hinteren Lappen blossgelegt hatte, ohne seine Functionen zu stören. Bartholow führte sehr feine Nadeln in die Hirnsubstanz der linken Hemisphäre ein, ohne jedoch eine materielle Schädigung zu veranlassen, und während der elektrische Strom durchgeleitet wurde, erzeugten sich Muskelcontractionen im

[1]) Siehe meine Abhandlung: Sui centri cerebrali di movimento. Lo Sperimentale, Febbraio 1876.

rechten Arm und Bein. Der Arm ward in die Höhe gestossen mit gestreckten Fingern, das Bein nach vorn gestossen, auch die Halsmuskeln in Thätigkeit versetzt; man sah den Kopf auf die rechte Schulter stark geneigt. Aehnliche Erscheinungen zeigten sich an der linken Seite, wenn die entsprechende Seite des Hirns gereizt war. Als Bartholow nachher einen Strom von gewisser Stärke anwandte, erzeugten sich epileptische Convulsionen. Der Kranke starb in Folge einer Thrombose des Sinus longitudinalis. Es wurde bemerkt, dass die Nadeln in den Punkt eingeführt waren, welcher dem Centrum für Bewegungen im Beine beim Affen entspricht, welches dem Centrum für den Arm und die Hand nahe liegt, und in welches der Strom durch die Art der Einführung der Nadeln sich erstreckt hatte.

II. Eigene Versuche.

Ausgangspunkt aller von mir gemachten Experimente zur Erforschung der Pathologie der vom Gehirn herrührenden Fallsucht waren die Studien Hitzig's, Ferrier's u. a. Die Resultate meiner Untersuchungen habe ich schon in dem „Archivio Italiano per le malattie nervose — Milano Novembre 1876" erwähnt. Ich will nun jetzt jene Resultate hier zusammenstellen und neuere hinzufügen.

1. Epileptischer und epileptiformer Anfall, und partiale Epilepsie.

Wenn man mit einem inducirten und auf der Zungenspitze empfindlichen Strom (gewöhnlich ein Element Grove mit dem Inductionsapparate von Du Bois-Reymond, Rollenabstand 10 Cm.) verschiedene Punkte der Gehirnrinde eines nicht anästhesirten Hundes reizt, so hat man entweder sofort oder einige Secunden darauf einen vollständigen Anfall von Epilepsie, d. h. einen Anfall von tonischen und klonischen Krämpfen, plötzlichen und vollständigen Verlust des Bewusstseins, Erweiterung und Unbeweglichkeit der Pupille beim Lichte, Unempfindlichkeit, Speichelfluss, Harnverlust und einen Schrei-

ausstoss; Erscheinungen, welche dem Reiz sogleich nachfolgen, und welche auch fortdauern, wenn der Reiz aufhört.

Diesem Anfalle folgt ein Zustand von Bewusstlosigkeit und Betäubung, oder von Wuth. Der Krampf, wie ich immer während der von mir gemachten Experimente bemerkt habe, hat in den Muskeln, die von den Rindenfeldern, auf welche der Reiz einwirkt, innervirt sind, seinen Anfang, und verbreitet sich dann über die andern Muskeln. Ich theile hier die Beschreibung einiger Versuche mit.

Erster Versuch. Einem kleinen Hunde habe ich die vordere rechte Seite der Hirnschale weggenommen, und indem ich die dura mater unberührt liess, liess ich auf die reizbare Zone die gewöhnlichen inducirten Ströme einwirken mit dem Rollenabstand von 8 Cm. Sobald die Kette geschlossen wurde, erfolgte eine tonische Zusammenziehung des hinteren linken Gliedes, und es verbreitete sich fast sogleich der Krampf über alle Muskeln. Das Thier, welches man auf den Boden gelegt hatte, bewegte sich in Krämpfen, welche hauptsächlich klonisch waren; an diesen nahmen auch die Muskeln der Kinnbacken Theil; und am Ende des Anfalles zeigte sich ein reichlicher Speichelfluss. Während des Anfalles ist die Pupille sehr weit und unbeweglich, nachher ist sie verengt. Die Anfälle wiederholen sich, wenn man die Erregung erneuert. Nach dem Anfalle geht das Thier während einiger Minuten wie betäubt in dem Zimmer herum und stösst an die Gegenstände, oder es hockt in einer Zimmerecke und scheint nicht zu bemerken, was umher vorgeht; dann steht es plötzlich auf und bellt wie vom Delirium befallen.

Zweiter Versuch. Grosser und kräftiger Hund. Es wurde links der Gyrus sigmoideus entblösst. Sobald der elektrische Strom auf diese Windung einwirkte, verlor das Thier das Bewusstsein und wurde von vorwiegend klonischen Krämpfen befallen; aus dem Munde floss mit Blut gefärbter Speichel, da es sich in die Zunge gebissen hatte; die Pupille war sehr erweitert. Obwohl die Krämpfe stark waren, blieb das Thier doch immer in der Stellung, in welcher es von den Krämpfen befallen worden, d. h. es blieb immer auf dem Tische ausgestreckt. Nach 140″ stand der Hund auf und

lief im Zimmer herum, wie von einer unwiderstehlichen Kraft getrieben.

Dritter Versuch. Bei einem kleinen und jungen Hunde wurde der vordere Theil des rechten Gehirnes entblösst, und nachdem die Blutung aufgehört hatte, wurde dort, wo sich die für die Glieder erregbaren Centren vereinigen, ein auf der Zunge kaum fühlbarer inducirter Strom durchgeleitet. Sofort zeigte der Hund klonische Bewegungen der linken Glieder, und nachdem der Reiz seit einer Minute schon aufgehört hatte, brach ein Anfall von tonischen und klonischen Krämpfen aus; Verlust des Bewusstseins, krampfhafte Bewegungen der Kinnlade, Bisswunden auf der Zunge, Speichelfluss und Erweiterung der Pupille. Dieser Anfall dauerte fast fünf Minuten. — Bei demselben Hunde habe ich während des Tages bis auf sieben fallsuchtartige Anfälle hervorgerufen, ohne dass derselbe irgendwie zu leiden schien.

Zuweilen erfolgt der Anfall nachdem die Erregung nur wenige Secunden gedauert hat, während manchmal ein verlängerter Reiz nöthig ist; manchmal genügt sogar eine kurze und augenblickliche Reizung, in diesem Falle aber erfolgt der Anfall nicht sofort, sondern nach einer oder mehreren Minuten. Die Dauer des Anfalles ist 2 bis 5 Minuten. Nach einer halben Stunde ist das Thier in den früheren normalen Zustand zurückgekehrt.

Manchmal dagegen erhält man statt eines vollständigen epileptischen Anfalls, nur einen epileptiformen oder einen einfachen epileptischen Krampf, d. h. eine partiale Epilepsie. Ich bezeichne mit diesem Namen den Krampf, der auf die der erregten Hirnrinde entsprechenden Muskeln und auf einige andere Muskeln der gleichen Seite beschränkt ist, welcher aber auch, nachdem man den Strom unterbrochen und jeder Reiz aufgehört hat, fortdauert, ohne dass das Thier das Bewusstsein verliert.

In einer meiner früheren Schriften hatte ich den Gyrus sigmoideus als Wahlort bezeichnet, um den vollständigen epileptischen Anfall hervorzurufen. In der That war ein sehr schwacher Strom auf diese Windung wirksam, und aus derselben Windung entsteht

der grösste Theil der Hirnfasern, welche nach der Peripherie verlaufen und die Muskeln in Thätigkeit zu setzen fähig sind. — Luciani und Tamburini[1]) haben mich darauf aufmerksam gemacht, dass man auch von anderen reizbaren Zonen, welche in jener Windung nicht enthalten sind, mit einem Strome derselben Intensität einen epileptischen Anfall hervorbringen kann; ihre sonstigen, mich betreffenden Bemerkungen sind mindestens überflüssig. Da ich den Rath, den Faraday Tyndall gab, befolge, so beliebe ich für die Ungerechtigkeit meiner Gegner blind zu sein und den guten Willen Anderer ins Licht zu stellen.

Ich sagte, dass man den epileptischen Anfall dadurch erhalten kann, dass man verschiedene Punkte der Gehirnoberfläche reizt; namentlich wenn dieselben sich in der Gegend befinden, deren Grenzen von Hitzig festgestellt wurden. Denselben Erfolg kann man auch erzielen durch Erregung naher oder dazwischenliegender Punkte. Wenn man die Elektroden auf Theile der Hirnrinde, welche sich für einen nicht zu starken Strom als unempfindlich zeigen, aufsetzt, kann man einen epileptischen Anfall hervorrufen, sobald man den elektrischen Strom an Stärke zunehmen lässt, so dass der Strom sich in die Umgegend ausbreitet. In diesem Falle kommt es selten vor, dass der Krampf nur bei einer Gruppe von Muskeln anfängt und sich dann weiter über den Körper verbreitet, er befällt vielmehr sofort den ganzen Körper.

Nicht nur durch elektrischen Reiz, sondern auch durch mechanische Reizung kann man den Ausbruch des epileptischen Anfalles bewirken. Obwohl ich keine Versuche eigens zu dem Zwecke angestellt, so habe ich doch in zwei nicht anästhesirten Hunden, welchen ich in der Gegend der erregbaren Zone die Gehirnschale durchbohrte, durch Einfluss dieser Operation einen starken Anfall ausbrechen sehen, trotzdem dass bei einem jener Thiere das Knochenscheibchen mit der grössten Sorgfalt hinweggenommen worden war.

---

[1]) Luciani e Tamburini. Sui centri psico-motori corticali. Reggio-Emilia 1878.

Vierter Versuch. Alter Hund. Der Schädel wurde links in der Gegend der erregbaren Zone durchbohrt, und das Knochenscheibchen, nachdem es gelöst war, nicht weggenommen, sondern rasch hinein gedrückt, so dass ich einen plötzlichen Druck auf das darunterliegende Gehirn ausübte. Sofort wurde der Hund von Krämpfen der Glieder und der Kinnlade befallen, verlor das Bewusstsein und stiess einen Schrei aus; der Speichel sammelte sich reichlich in den Mundwinkeln an, der Harn floss ab. Nach und nach hörten die Krämpfe auf, der Hund erhob sich, blieb ein wenig niedergeschlagen und war nachher lebhaft wie zuvor.

Fünfter Versuch. Rother Hund, der sich schon seit mehr als zwei Monaten im Laboratorium befindet. Er hat links den Sympathicus durchschnitten, auf dieser Seite ist die Temperatur des Ohres höher als auf der andern. Man durchbohrt rechts die Hirnschale in der Gegend der erregbaren Zone, während man das Knochenscheibchen fortnimmt, bemerkt man Krämpfe der linken Augenlieder (Orbicularis) und diese Krämpfe dauern einige Secunden. Die Krämpfe verbreiten sich in dem linken Vorderglied, und nach und nach im ganzen Körper. Das Thier verliert das Bewusstsein; reichlicher Speichelfluss, Harnverlust, und ein Schrei; die krampfhaften Stösse sind ununterbrochen. Nach und nach verschwinden die Krämpfe zuerst links, dann rechts, und das Thier, welches sehr folgsam war, bellt und will beissen. — Man durchbohrt den Schädel links in der Gegend der erregbaren Zone und hat keinen Anfall.

In Bezug auf die Hervorbringung der Epilepsie durch mechanischen Reiz mache ich auf folgende interessante von Poland veröffentlichte Beobachtung aufmerksam. (Med. Times and Gaz. sept. 26, 1868 und Schmidt's Jahrbücher, 1869 p. 63.)

Einem 14jährigen Knaben fiel ein schweres Stück Holz auf den Kopf, ohne jedoch eine Wunde zu verursachen. Es bildete sich nur eine leichte Geschwulst neben der Mittellinie, ein wenig vor dem Hinterhauptsrand. Nachdem der Patient einige Minuten bewusstlos geblieben, schien er am folgenden Tage vollständig wiederhergestellt. Am vierten Tage jedoch hatte er starke Kopfschmerzen; es erschienen

bald Erschütterungen der Muskeln, und später kamen Krämpfe, zuerst ohne, dann mit Verlust des Bewusstseins zum Vorschein. Am 21. Januar 1868 wurde der Patient in Guy's Hospital aufgenommen, gerade nachdem er einen starken epileptischen Anfall gehabt hatte, mit Krämpfen an fast allen Muskeln, namentlich an denjenigen der Glieder und des Nackens. Auf die Frage, wo es ihn schmerze, zeigte er den oben erwähnten Ort, der sich ganz normal verhielt. Sobald man aber einen Druck auf die Eminentia parietalis ausübte, streckten sich die Arme und die Finger krampfhaft aus. Die Unterglieder zeigten sich in ähnlichen Versuchen bald krampfhaft gestreckt, bald gebeugt; die Convulsionen ergriffen auch die Gesichtsmuskeln. Diese Anfälle, welche künstlich hervorgebracht wurden, dauerten 40—90 Secunden und zeigten sich immer wieder, wenn man den oben erwähnten Ort berührte.

Poland durchbohrte an jener Stelle die Hirnschale, welche nichts Abnormes zeigte, sie mochte nur etwas dicker sein als im normalen Zustande. In Folge dieser Operation zeigte sich kein Anfall mehr, und der Patient wurde am 10. März in voller Gesundheit entlassen.

Es ist sicher, dass die Thiere, wenn sie vollständig anästhesirt sind, durch elektrischen Reiz des Gehirns keinen epileptischen Anfall bekommen. Aus diesem Grunde sah Hitzig, der für das Studium der Erregbarkeit des Gehirns viele Hunde verbrauchte, den epileptischen Anfall nur zufälligerweise in zwei derselben ausbrechen. Mit einem ausserordentlich starken Strom kann man nur einige epileptiforme Erscheinungen erzielen. So auch konnte Ferrier, der in nicht vollständig anästhesirten Thieren sehr starke inducirte Ströme anwendete, verschiedene epileptische Krämpfe beobachten. Uebrigens ganz unabhängig von der Thatsache, dass die Anästhesie die Entwickelung der Krämpfe durch Erregung des Gehirns verhindert (und das geschieht auch für die anämischen Krämpfe, wie Kussmaul und Tenner wohl bemerkten), ist es klar, dass man, wenn die Thiere anästhesirt sind, auf die Veränderungen des Bewusstseins und der Empfindlichkeit keinen Werth legen kann; Erscheinungen, die gerade von grosser Wichtigkeit sind, um die epileptische Form zu charakterisiren.

2. Ueber den epileptischen Anfall verschiedener Thiere.

Nicht bei allen Thieren kann man durch elektrischen Reiz der Corticalsubstanz den epileptischen Anfall hervorrufen. Diese Verschiedenheit scheint mir ein Gegenstand, der viel Studium und Aufmerksamkeit verdient.

Wie ich schon erwähnte, kann man beim Hunde sowohl einen vollständigen als einen unvollständigen epileptischen Anfall und partielle Epilepsie hervorrufen. Es giebt Hunde (ihre Zahl ist klein), bei welchen man kaum die partielle Epilepsie hervorbringen kann, wenn man auch einen doppelt so starken Strom als den gewöhnlichen anwendet, so stark nämlich, dass die Elektricität sich durch das übrige Gehirn verbreitet. Andere Hunde geben nur einen epileptiformen Anfall. Es ist mir noch nicht gelungen festzustellen, mit welchen Bedingungen diese Unterschiede verbunden sind. Gewiss handelt es sich nicht um einen Zufall, da sich diese Thatsache bei demselben Hunde zu verschiedenen und entfernten Zeiten immer wiederholt, wenn man sowohl auf die eine als auch auf die andere Hemisphäre einwirkt. Ich hatte vielmals Gelegenheit folgenden Versuch zu machen. Man entblösst und reizt einem Hunde z. B. die linke Hemisphäre, und man erhält nur partielle oder einseitige Krämpfe, welche aufhören, sowie die Reizung eingestellt wird, und ohne Verlust des Bewusstseins. Nach einigen Tagen, in welchen das Thier ruhig gelassen wurde, ward es wieder vorgenommen, und die rechte Hemisphäre entblösst, ohne dass man auch in dieser zweiten Probe die Epilepsie verursachen konnte.

Bei einigen Hunden, in welchen ich durch Reizung des Gehirns nicht die Epilepsie, sondern nur partielle Krämpfe ohne Verlust des Bewusstseins zu erzeugen vermochte, spritzte ich eine Lösung Strychnin unter die Haut, um das Reflexvermögen des Rückenmarkes zu erhöhen, und bei den ersten Zeichen von zunehmender Erregbarkeit vor dem Auftreten irgend welcher tetanischen Erscheinungen sah ich, indem ich einen Strom, der an Stärke dem vorher gebrauchten glich,

auf die Gehirnrinde einwirken liess, allgemeine Krämpfe folgen, ohne Verlust des Bewusstseins und ohne alle anderen Erscheinungen, die den vollständigen Anfall charakterisiren.

Zweiter Versuch 7. Mai. Einem Hunde von mittlerer Grösse entblösst man das linke Gehirn und erregt das Centrum des N. facialis mit einem am Finger fühlbaren Strom. Man bemerkt Bewegungen des Gesichts, aber keinen epileptischen Anfall.

14. Mai. Man entblösst das rechte Gehirn und erregt die verschiedenen Centren für die Glieder und das Gesicht: man erhält verschiedene entsprechende Bewegungen. Man verstärkt den Strom, so dass er der Hand unerträglich ist, und man bemerkt keinen epileptischen Anfall; die Convulsionen verbreiten sich gar nicht. Man spritzt 3 Milligramm schwefelsaures Strychnin unter die Haut, und nach 10 Minuten erregt man das Centrum des Hinterbeines. Die Krämpfe verbreiten sich auch in andere Glieder, aber man bemerkt keinen Verlust des Bewusstseins, und die Krämpfe hören auf, sobald man nicht mehr reizt. Nach einer halben Stunde starb der Hund unter tetanischen Convulsionen.

Dritter Versuch. Bei einer kleinen Hündin wurde die erregbare Zone der rechten Hemisphäre entblösst und gereizt. Man erhielt Bewegungen der linken Extremität, Blinzeln der linken Augenlieder, Erweiterung der entsprechenden Pupille und Zusammenziehung der linken Hälfte der Schnauze; der Kopf war nach links gewendet. Man spritzt ein Milligramm schwefelsaures Strychnin unter die Haut und reizt wiederum: man erhält wieder die oben erwähnten Erscheinungen. Man nimmt den erregten Theil der Hirnrinde weg. Das Thier, sich selbst überlassen, zeigt in merklicher Weise die Parese der Glieder der anderen Seite.

24. Mai. Die Hündin befindet sich nicht wohl; sie hat Convulsionen der Augenlieder (am rechten Orbicularis), des rechten Ohres, das nach vorn gezogen ist, und der Kopf ist ein wenig nach rechts geneigt, die Pupillen sind sehr verengt, und man kann Nystagmus beider Augen bemerken. Die Hündin starb am Nachmittag.

Autopsie. Nach rechts sind die Gyri post- und præcruciatus und theils die erste und zweite äussere Windung zerstört; die übrige Hemisphäre zeigt sich erweicht, und der Erweichungsprocess hat sich auf die entgegengesetzte Hemisphäre verbreitet, im Umfang des Gyprus postcruciatus. Die drei Höhlen (mittlere und seitliche) sind mit Eiter erfüllt, der fast die ganze rechte Hemisphäre infiltrirt. An der Basis gerade in der Lage des chiasma und weiter unten findet man Eiter.

Es ist bekannt, dass bei neugebornen Hunden das Gehirn nicht erregbar ist; erst am zehnten Tage kann es mit Erfolg gereizt werden. Ich wollte untersuchen, in welcher Zeit man bei diesen Thieren die Epilepsie hervorbringen könne.

Vierter Versuch. Schwarzes Hündchen, 13 Tage alt. Man entblösst den vorderen Theil der linken Hirnhälfte. Während man den Knochen und die dura mater wegnimmt, zerfällt die Gehirnsubstanz ein wenig. Das Thier ist nicht anästhesirt. Wenn man auch das Gehirn mit einem starken Strom erregt, so hat man keine Bewegungen und noch viel weniger Epilepsie. Bei der Section zeigte es sich, dass der Versuch den ganzen Gyrus postcruciatus und dessen Umgegend betraf.

Fünfter Versuch. Gut entwickeltes Hündchen, 19 Tage alt. Man ätherisirt es ein wenig und entblösst links das Gehirn; starke Blutung. Wenn man das Gehirn in der Gegend erregt, welche der Zone des Unterkiefers und der Zunge entspricht, so hat man mehrfach wiederholte Bewegungen der Zunge und des Maules. Man bemerkte auch Bewegungen des vordern entgegengesetzten Gliedes durch Erregung des Gyrus postcruciatus.

Weisses Hündchen, 19 Tage alt, Bruder des vorigen. Aufdeckung rechts der erregbaren Zone; durch den Reiz eines mit dem Finger deutlich empfundenen Stroms erhält man lebhafte Bewegungen der Glieder und der Schnauze. Durch Erregung des Centrums des Facialis erhielt man einen vollständigen epileptischen Anfall; der Verlust des Bewusstseins war deutlich, die Krämpfe aber schwach. Speichelfluss folgte.

Sechster Versuch. — Hündchen 22 Tage alt. Aufdeckung des vorderen Theils der rechten Hirnhälfte; reichliche Blutung. Durch Erregung der bekannten Zone hat man wiederholte Bewegungen des Unterkiefers und der Zunge. (Rollenabstand 8 Cm.).

Anderes Hündchen, Bruder des vorigen. Aufdeckung des vorderen Theils der rechten Hirnhälfte. Man erhält Bewegungen der Glieder des Gesichtes, der Schnauze und der Zunge. Durch Erregung dieser letzten Zone (Rollenabstand 8 Cm.) erhielt man einen vollständigen epileptischen Anfall, der eine Minute dauerte, und man konnte ihn wieder erzeugen.

Siebenter Versuch. Den 23. August 1878. Hündchen circa 45 Tage alt. Aufdeckung der linken Hirnhälfte in der Gegend der erregbaren Zone. Man zerstört ein wenig die Cerebralsubstanz des Gyrus postcruciatus. Den 24. August. Am Morgen ging es dem Thiere gut, und man bemerkte keine Störung der Bewegungen. Gegen Abend aber wurde es in folgendem Zustand gefunden: das Bewusstsein ist verloren, comatöser Zustand, die Krämpfe sind ununterbrochen und auf alle Glieder gleichmässig verbreitet, sowie auf das Gesicht; es giebt Speichelfluss (status epilepticus).

Autopsie. Der Gyrus postcruciatus ist theilweise zerstört, aber er fehlt nicht; man bemerkt Erweichung.

Daraus geht hervor, dass man bei Hündchen, die 19 Tage alt sind, durch Erregung der Hirnrinde einen epileptischen Anfall hervorbringen kann; man muss aber einen stärkeren Strom anwenden als für erwachsene Hunde.

Die Katze verhält sich ganz wie der Hund; und ich habe mehrere Male den Ausbruch der Epilepsie in Folge von Verletzung der Hirnrinde bei beiden diesen Thieren gesehen.

Beim Baummarder, Mustela martes, habe ich bemerkt, dass die Anordnung der Hirnwindungen und der einzelnen erregbaren Zonen der Hirnrinde derjenigen der Katze ähnlich ist. Indem ich an diesem Thiere die Zone für das Hinterbein, welche einen grossen

Theil des Gyrus postcruciatus einnimmt, erregte, erhielt ich den vollständigsten und ausgesprochensten epileptischen Anfall.

Beim Meerschweinchen kann man wie bei den vorigen Thieren einen vollständigen epileptischen Anfall hervorrufen, mit dem Unterschied jedoch, dass man im Allgemeinen aussergewöhnlich starker Ströme bedarf, manchmal sogar so starker Ströme, dass die Elektricität sich auf die übrige Hirnrinde verbreitet, wie ich deutlich constatirt habe, und wahrscheinlich auch bedeutend tief. Immerhin zeigt sich in diesem Falle von physischer Verbreitung der Elektricität über die ganze Gehirnrinde die Erregung des vorderen Theils des Gehirns (Zone des Unterkiefers, der Schnauze, des Nackens und der Glieder) viel wirksamer als die des hinteren Theils. Die Form des Anfalles ist ähnlich derjenigen, die man an Thieren wahrnimmt, die nach Brown-Sequard's Methode operirt worden. Es giebt zuerst ein Stadium von Krämpfen, dann vollständiges Aufhören, und nachher wieder einige Convulsionen. Die Dauer ist sehr kurz. Es dürfte nützlich sein, einige Beispiele anzuführen.

Achter Versuch. Bei einem grossen Meerschweinchen deckt man links den vorderen Theil des Gehirns auf und reizt ihn mit einem an der Zunge fühlbaren Strom: Bewegungen des Unterkiefers, der Schnauze und des entgegengesetzten hinteren Gliedes, welche, sobald die Erregung eingestellt wird, aufhören. Man verstärkt die Ströme so, dass man sie ganz deutlich an der Spitze des Zeigefingers fühlt und reizt mit denselben die Zone für den Unterkiefer. Krämpfe der Kiefermuskeln und der Schnauze, Verlust des Bewusstseins. Man entfernt die Elektroden, und das Thier fällt auf die rechte Seite: leichte krampfhafte Erschütterungen der Glieder, dann vollständige Unbeweglichkeit für einige Secunden; noch einige krampfhafte Zuckungen und bald darauf hat das Thier das Bewusstsein wiedergewonnen und ist wiederhergestellt. Der ganze Anfall dauert nicht eine Minute. Einige Minuten nachher hatte das Thier einen leichten, von selbst entstandenen Anfall.

Neunter Versuch. Meerschweinchen. Erregung des hinteren

Theils des linken Gehirns; mit einem leichten Strom: keine Wirkung; mit einem so starken Strom, dass derselbe sich auf die übrige Hirnoberfläche verbreitet, hat man einen epileptischen Anfall. Schwacher Strom auf die erregbare Zone einwirkend: Bewegungen des Unterkiefers; starker Strom, immerhin jedoch nicht so stark wie derjenige, welcher früher nöthig war: Krämpfe des Unterkiefers, dann allgemeiner Krampf, Verlust des Bewusstseins und bald darauf vollständiges Erschlaffen. Das Thier bleibt wie todt auf dem Tische liegen, es hat dann noch einige Krämpfe und stellt sich wieder her. Diese Erscheinung wiederholt sich zwei- oder dreimal.

Ganz anders verhalten sich das Kaninchen, das Schaf und die Ziege, das Pferd und der Esel.

Wenn man auch einen starken Strom anwendet, so kann man beim Kaninchen niemals einen wahren epileptischen Anfall hervorbringen wie bei den vorher erwähnten Thieren. Die Krämpfe verallgemeinern sich sehr schwer, sie greifen nur wenige Gruppen von Muskeln an und hören auf, sobald der Strom unterbrochen wird, oder es dauern nur auf kurze Zeit die Krämpfe der Unterkiefermuskeln; es tritt kein Verlust des Bewusstseins ein, sondern höchstens eine schnell vorübergehende Betäubung. Niemals bemerkt man bei diesen Thieren jene starken und allgemeinen Krämpfe, die man immer beobachtet, wenn man ihnen plötzlich den Kopf abschneidet oder auf sonstige Weise sie schnell verbluten macht.

Beim Pferd und beim Esel ist hauptsächlich der vordere Theil des Gehirns erregbar. Sorgfältig ausgeführte Versuche zur Bestimmung der erregbaren Zone am Esel wurden neuerdings von Arloing[1]) publicirt. Diese Aufgabe hatte ich schon einer experimentalen Prüfung unterworfen; den Untersuchungen Arloing's kann ich jetzt hinzufügen, dass man nicht nur von einer, sondern auch von zwei verschiedenen Hirnwindungen (parietalen), die über einander gelegen sind, im Pferde schnelle, verschiedene und sehr lebendige Bewegun-

[1]) S. Arloing. Détermination des points excitables du manteau de l'hémisphère des animaux solipèdes. Revue Mens. d. Méd. et de Chirurg. Mars 1879.

gen des entgegengesetzten Ohres erhalten kann. Diese Bewegung ist vielleicht diejenige, die man am leichtesten erzeugen kann, wenn man den elektrischen Strom auf die Hirnoberfläche des Pferdes einwirken lässt. Einen Versuch beim Pferd und zwei beim Esel habe ich angestellt, um zu prüfen, ob sich die Epilepsie bei diesen Thieren hervorrufen lässt.

Zehnter Versuch. Bei einem mageren Pferde deckt man links einen grossen Theil der oberen und seitlichen Oberfläche des Gehirns auf. Mit einem elektrischen Strome (ein Grove'sches Element, Rollenabstand 9 Cm.) erhält man gut erkennbare Bewegungen des auf der anderen Seite gelegenen Ohres, nämlich Ohrspitzen, Niederlassen und Adduction desselben, wenn man die Elektroden auf zwei verschiedene Parietalwindungen aufsetzt. Wenn man den vorderen Theil des Gehirns erregt, so hat man Bewegungen der Lippen und der Zunge. Obgleich man eine ununterbrochene Erregung dieser Stelle vornimmt, zeigen sich die Krämpfe immer an demselben Ort, und hören auf, sobald der Reiz beseitigt wird; (Rollenabstand 6 Cm.): die Erfolge sind immer gleich; (Rollenabstand 3 Cm.): das Thier fällt auf die entgegengesetzte Seite zu Boden und ist ein wenig betäubt.

Elfter Versuch. Bei einem etwas alten und ziemlich gut genährten Esel deckt man links den vorderen Theil des Gehirns auf; durch Erregung desselben erhält man Bewegungen des Unterkiefers und der Schnauze. Wenn man auch mit einem sehr starken Strom den Reiz fortsetzt, so verallgemeinern sich doch die Krämpfe nicht (Rollenabstand 5 Cm.), sie bleiben immer beschränkt, und das Thier verliert das Bewusstsein nicht. Gleiche Resultate erhielt ich in einem anderen Versuche an demselben Thier.

Beim Schafe ist das Gehirn auch erregbar [1]), besonders an seiner vorderen Seite, und die Vertheilung der verschiedenen reizbaren Zonen hat grosse Aehnlichkeit mit derjenigen des Pferdes.

Vier Versuche an Lämmern, zwei an erwachsenen Schafen, und einen an der Ziege habe ich ausgeführt, um zu sehen, ob man bei

[1]) Rendiconto delle ricerche sperimentali eseguite nel gabinetto fisiologico di Siena, diretto dal dott. P. Albertoni. Milano 1876.

diesen Thieren die Epilepsie hervorrufen könne durch einen die Hirnrinde treffenden Strom, zumal wenn man den erregbaren Theil in Angriff nimmt, und alle diese Versuche hatten ein verneinendes Resultat. Unter allen Thieren, mit welchen ich experimentirt habe, zeigte es sich, dass man beim Schafe am schwersten Erscheinungen erhalten kann, welche sich nur irgendwie mit den epileptischen vergleichen könnten.

Wir haben also eine ganze Reihe von Thieren, bei welchen man durch elektrischen Reiz der Hirnoberfläche einen vollständigen epileptischen Anfall hervorrufen kann, und bei einigen derselben bewirkte denselben Erfolg auch die mechanische und die krankhafte Reizung. Bei einer andern Reihe von Thieren erhält man dies nicht.

Ich will hier nun anführen, dass Lafosse [1]) unter 130000 Einhufern (Solidungula) nur 4 epileptische fand, während unter 25000 Hunden 255 epileptisch waren. Freilich ist bei den Einhufern eine grosse Quelle der Epilepsie nicht vorhanden, nämlich die Erblichkeit, weil man natürlich für die Fortpflanzung der Pferde niemals ein epileptisches wählt, während man für die Hunde nicht die gleiche Sorge trägt.

3. Ueber die Bedingungen der Verbreitung der an der Hirnrinde erregten krampfhaften Erscheinungen.

Wir haben oben gezeigt, dass die Erregung der Gehirnrinde, wenn auch nicht bei allen Thieren, doch wenigstens bei vielen, die Epilepsie erzeugen kann. Jetzt fragt es sich ob die Hinrinde auch das wahre Centralorgan der epileptischen Krämpfe vorstelle, oder nur der Ausgangspunkt der Erregung ist, welche fähig wäre andere nicht im Gehirne liegende Bewegungscentren in Thätigkeit zu versetzen, so dass man die vom Gehirne angeregten Epilepsien als reflectirte betrachten könnte, mit andern Worten, ob die Entladung, welche von der Hirnrinde ausgeht, fähig ist epileptische Krämpfe zu erzeugen, indem sie unmittelbar auf die Muskeln einwirkt, oder

[1]) L. Lafosse. Traité de pathologie vétérinaire. Toulouse 1867.

vermittelst anderer Nervencentren zweiten Ranges, mit denen die verschiedenen erregbaren Gegenden und die Hirnrinde in Verbindung stehen?

Es ist bekannt, dass die Pathologen im Allgemeinen sich zur Ansicht bekennen, dass im epileptischen Anfalle die Erregung der Bewegungsnerven, welche sich durch Krämpfe wahrnehmen lässt, vom verlängerten Rückenmarke und den unteren Theilen des Gehirnes ausgeht. Es ist unwahrscheinlich, schreibt Niemeyer, dass von den grossen Hemisphären Bewegungsimpulse ausgehen können zu einer Zeit, in welcher die Reizbarkeit der Ganglienzellen und der Nervenfasern, welche jenen Hemisphären angehören, erloschen ist. Sowohl die experimentalen Ergebnisse von Brown-Sequard, die von Vulpian bestätigt wurden, als auch diejenigen Magnan's in Betracht der Erzeugung der epileptischen Anfälle bei Meerschweinchen und Hunden nach der Entfernung der Hemisphären, sind mit dieser Anschauungsweise vollständig übereinstimmend, wie auch mit der Thatsache, dass man vom verlängerten Marke verallgemeinerte Reflex-Bewegungen erzeugen kann.

Um dieses Thema geradewegs zu untersuchen, namentlich in Bezug auf neue klinisch-experimentale Studien, habe ich früher folgende Versuche veröffentlicht, welche ich selbst ausgeführt habe.

Zehnter Versuch. Bei einem Pudel haben wir vor 11 Tagen die linke Hälfte des Gehirns in der Gegend der hintern gekreuzten Windung aufgedeckt, und haben es mit einem leichten Strom, welcher von einem Grove'schen Elemente erzeugt wurde und mit einem Apparat von Du-Bois-Reymond, bei 10 Cm. Rollenabstand, inducirt war, gereizt. Mit einem Löffelchen nahmen wir die erregte Zone weg, und es erschienen die gewöhnlichen Störungen der Bewegungen der rechten Gliedmassen.

Heute decken wir wieder die linke Hirnhälfte auf und reizen die Fläche, welche der weggenommenen erregbaren Zone entspricht, mit dem gleichen, nur etwas stärkeren Strom. (Rollenabstand 8 Cm.) Man hat keine Erscheinung. Wir verstärken den Strom (Rollenabstand 4 Cm.), und keine Bewegung kommt zum Vorschein.

Jetzt entblössen wir rechts, an einem der links gemachten Oeffnung homologen Punkte das Gehirn und reizen es mit dem elektrischen Strom (Rollenabstand 8 Cm). Das Thier wird an allen Gliedern von tonischen und klonischen Krämpfen befallen, die tonischen sind bald links, bald rechts an Stärke überlegen; Verlust des Bewusstseins; die Pupillen sind sehr erweitert, der Speichel fliesst in grosser Menge aus dem Maule heraus. Der Anfall dauert zwei Minuten.

Am folgenden Tage haben wir diesen Hund getödtet und geöffnet. Wir fanden, dass auf der linken Seite die hintere gekreuzte Windung fehlte, besonders in seinem oberen Theile, dass also die für die Glieder und für den Nacken erregbaren Centren nicht vorhanden waren.

Elfter Versuch. Kleiner Pudel. Man deckt rechts die hintere gekreuzte Windung auf. Sobald man den Strom bei 10 Cm. Rollenabstand auf die Hirnrinde einwirken lässt, bricht ein Krampfanfall aus, vorwiegend aus Krämpfen bestehend, die alle Muskeln ergreifen; Verlust des Bewusstseins, Speichelfluss, und der Hund schreit und bellt einige Secunden nach dem Beginne des Anfalles. Sobald der Anfall vollständig aufgehört hatte, war das Thier wie wüthend und wollte beissen, während es sonst immer sehr mild war. Man nimmt die erregte graue Substanz weg und indem man die neue Oberfläche mit einem stärkeren Strom (Rollenabstand 8 Cm.) erregt, sieht man von Neuem einen epileptischen Anfall ausbrechen, der von den vorhergehenden sich durch nichts unterscheidet.

Zwölf Tage nach der vorhergehenden Verletzung reizt man das Gehirn, indem man die Elektroden durch die vorhandene Oeffnung des Schädels einführt, auf der rechten Seite, eben dort wo sich jene Oberfläche befindet, welche in Folge der vorigen Verletzung erhalten wurde; man hat Drehung des Kopfes nach links und Bewegungen der Schnauze, deren Centren geschont waren.

Bald darauf deckt man die linke hintere gekreuzte Windung auf und erregt sie mit dem Strom (Rollenabstand 8 Cm.). Es bricht ein Anfall von tonischen und klonischen Krämpfen aus, gleichmässig an allen Gliedern, an dem Unterkiefer und an der Zunge: Verlust des

Bewusstseins, Speichelfluss, Verengung der Pupillen, und ein Schrei am Anfang dieses Anfalles, der drei Minuten dauerte, und nach welchem das Thier verdummt und taumelig blieb.

Bei der Autopsie dieses Hundes zeigte es sich, dass rechts die für die Glieder erregbaren Centren fehlten.

Dreizehnter Versuch. Grosse Windhündin: Man deckt rechts entsprechend der hintern gekreuzten Windung das Gehirn auf und reizt mit dem gewöhnlichen Strom. Einige Secunden nachdem die Erregung aufgehört, bricht ein charakteristischer Anfall mit tonischen Krämpfen am linken hinteren Gliede und klonischen am rechten aus, Verlust des Bewusstseins und Speichelfluss. Während des Anfalles nahm man so schnell als möglich die graue Substanz der hintern gekreuzten Windung hinweg, und der Anfall dauerte mit einer aussergewöhnlichen Intensität und Stärke. Die Hündin versucht nach dem Anfalle aufzustehen, es gelingt ihr aber nicht; mit Hülfe kommt sie auf die Beine; sie versucht zu gehen, aber nach wenigen Schritten fällt sie auf die linke Seite um.

Nach 18 Tagen deckt man die hintere gekreuzte Windung rechts auf und reizt. Nach mehr als einer Minute bricht langsam ein epileptischer Anfall aus, der nach und nach stärker wird und 5 Minuten dauert. Man nimmt die hintere gekreuzte Windung auch auf dieser Seite hinweg. Die Parese tritt auf beiden Seiten deutlich hervor. Acht Tage nach der Wegnahme der linken hintern gekreuzten Windung reizt man die so erhaltene neue Fläche und hat keine Erscheinung, auch nicht bei einem starken Strom; das Nämliche kann von der rechten Seite gesagt werden.

Wir sehen also, dass nach der Zerstörung der erregbaren Zone auf der einen Seite die Erregung der entgegengesetzten Seite genügt, um einen epileptischen Anfall, unter Betheiligung der Muskeln beider Seiten, hervorzurufen. Ich habe daraus den Schluss gezogen, dass das Gehirn sich bei Erzeugung der Epilepsie nicht als autonomes, sondern als beiläufiges Centrum verhält.

Diese meine Erklärung des Mechanismus der Erzeugung der vom

Gehirne herrührenden Epilepsie wurde von Morselli und besonders von Pitres und Franck[1]) angenommen und erläutert. Ich gebe hier die Mittheilung, welche diese Autoren dem biologischen Vereine machten, wie sie sich in dem Progrès Médical n. 1, 1878 findet.

„Wenn man die Bewegungszone der Hirnrinde eines Hundes, dessen Windungen sehr reizbar sind, elektrisirt, so kommt es oft vor, dass die von diesem Reize erzeugten Bewegungen sich nicht nur auf jenes Glied beschränken, dessen Centrum erregt worden ist.

Wenn man zum Beispiel den Strom durch das Centrum des vorderen linken Gliedes leitet, so kann man nicht nur in dem vorderen linken Gliede, sondern auch in dem vorderen Gliede der entgegengesetzten Seite Muskelerschütterungen erhalten, manchmal sogar auch in beiden hintern Gliedern. Diese zusammentreffenden oder verallgemeinerten Bewegungen können nicht dem zu starken Strom zugeschrieben werden, da man sie auch mit sehr schwachen, auf der Zunge kaum empfindlichen Strömen erhalten kann. Es ist auch sicher festgestellt, dass sie nicht das Resultat einer dem übrigen Körper mitgetheilten Erschütterung durch das plötzliche Zusammenziehen der Muskeln eines der Glieder sind, da Franck und Pitres, indem sie die Nerven durchschnitten, sie zum Verschwinden brachten. Wie muss man sich diese Bewegungen erklären? Man muss eine der drei folgenden Hypothesen annehmen, wenn man eine Erklärung haben will, nämlich:

1. Man kann annehmen, dass von jedem Centrum Nervenfasern abgehen, welche bestimmt sind die Erregungen unmittelbar den Gliedern beider Seiten mitzutheilen; dieses aber stimmt mit einer grossen Zahl von physiologischen und pathologischen Thatsachen, und namentlich mit der constanten und absoluten Einseitigkeit der Erscheinungen, welche auf die einseitige Zerstörung der Centren der Hirnrinde folgen, gar nicht überein.

2. Man könnte denken, die Cortical-Centren seien mit Commissurenfasern verbunden und die Erregung eines Centrums könne sich einer-

[1]) Pitres et F. Frank. Sur les conditions de production et de génération des phénomènes convulsifs d'origine corticale. Le Progrès Médical, 1878, Nr. 1.

seits auf das entsprechende Glied der entgegengesetzten Seite des Körpers, andererseits auf das Corticalcentrum der entgegengesetzten Seite des Gehirns verbreiten. Diese Hypothese wird jedoch durch folgendes Experiment widerlegt: Franck und Pitres haben auf der rechten Hemisphäre eines Hundes das Corticalcentrum für das vordere linke Glied zerstört. Nach vier Tagen haben sie auf der linken Hemisphäre das Centrum für die Bewegungen des vorderen rechten Gliedes aufgedeckt und erhielten durch Erregung desselben zweiseitige Bewegungen.

3. Die dritte Hypothese ist die wahrscheinlichste. Es ist möglich, dass nicht im Gehirne sondern in der Protuberanz und im Rückenmarke Bewegungscentren vorhanden seien, in welchen eine einseitige Erregung, welche von einem begrenzten Punkte ausgeht, sich der andern Körperseite mittheilen und auch verallgemeinern könne. Es ist sehr wahrscheinlich, dass durch einen analogen Mechanismus sich die partiellen Epilepsieanfälle verallgemeinern. Albertoni hat gezeigt, man könne nach der Zerstörung der Bewegungszone der Hirnrinde einer Seite, und nach Verlust der Reizbarkeit der darunterliegenden weissen Substanz durch Erregung der entgegengesetzten Hemisphäre epileptiforme, verallgemeinerte Anfälle hervorrufen. Franck und Pitres haben diesen Versuch wiederholt und ein gleiches Resultat erhalten. Bei einem Hunde haben sie sechs Tage nach der vollständigen Zerstörung des grauen Corticalcentrums des vorderen linken Gliedes die Bewegungszone der entgegengesetzten Seite aufgedeckt und einen partiellen epileptischen Anfall hervorgerufen, der sich verallgemeinerte, und während desselben war das vordere linke Glied von sehr deutlichen Krämpfen ergriffen.

Diese Thatsachen scheinen zu zeigen, dass die von der Hirnrinde herrührenden Krämpfe nicht durch die Verletzung des Hirns direct hervorgerufen sind, sondern dass diese Verletzung auf Centren wirkt, welche ausserhalb des Gehirns liegen, und in welchen Regungen, die von einem beschränkten Punkte ausgehen, ihre Wirkung verallgemeinern können. Diese Erklärungen lassen übrigens der partiellen Epilepsie ihre klinische Wichtigkeit und ihren diagnostischen Werth;

sie erörtern nur die Beschaffenheit der Elemente, welche in ihrer Erzeugung eine Rolle spielen, und welche ihre Verallgemeinerung gestatten.

Der erregte oder gespannte Zustand der Hirnrinde ist für mich ein Element von grosser Wichtigkeit und Nothwendigkeit für die Entwicklung und Verallgemeinerung der epileptischen Erscheinungen, in vielen Fällen kommt die Epilepsie auch vom Gehirne her. Wenn aber die Hirnrinde auch Ausgangspunkt der epileptischen Krämpfe sein kann, so ist sie gar nicht oder wenigstens nicht ausschliesslich das Centrum derselben, und die Epilepsie hat somit nicht in allen Fällen ihren Ursprung im Hirne.

Eine ganz entgegengesetzte Meinung wurde von Luciani ausgesprochen [1]), welcher annimmt die vollständige oder unvollständige, directe oder Reflex-Epilepsie rühre immer vom Hirne her. Die Bewegungszone der Hirnrinde stellt für Luciani das Centralorgan der epileptischen Krämpfe dar. Die krankhafte directe oder indirecte Erregung der erwähnten Zone, von irgend welcher Ursache erzeugt und in irgend welcher Weise entwickelt, ist das wesentliche Moment des epileptischen Processes. Die krankhafte Erregung des verlängerten Marks ist wahrscheinlich ein ergänzendes, nicht nothwendiges Nebenmoment.

In seiner Schrift bringt Luciani folgende drei Experimente als Beweis seiner Thesen vor:

Erster Fall: Bei einem erwachsenen und kräftigen Hunde von gekreuzter Rasse wurde am 8. Mai 1878 vor den Studenten der Universität zu Parma während der durch in das rectum eingespritzte Opiumtinktur und darauf folgende Chloroformirung entstandenen Narcose, ein grosser Theil des Gehirns entblösst, welcher die ganze hintere gekreuzte Partie der linken Sigmoidalwindung einnimmt und die gebogene Partie der zweiten äussern Windung derselben Seite, welche der Sigmoidalwindung anliegt. Nach Durchschneidung der dura mater

[1]) L. Luciani. Sulla patogenesi dell' epilessia. Rivista sperimentale di freniatria e Medicina legale, 1878 IV.

findet man in der Oeffnung in der Nähe des Sinus longitudinalis eine bedeutende Hämorrhagie.

Die blossgelegte Zone — wie schon angedeutet wurde — enthält die Centren für die hintere rechte Extremität, für die vordere Extremität derselben Seite und das Centrum für Bewegungen des Orbicularis der Lider des rechten Auges.

Die elektrische Untersuchung erwähnter Centren, durch sehr schwach inducirte Ströme, die man gut auf der Zunge ertragen kann, erregt immer bei diesem Thier klonische Bewegungen in den entsprechenden Muskelgruppen. Indem man die Ströme ziemlich verstärkt und sie bald auf das Centrum des hinteren Gliedes, bald auf das Centrum des Orbicularis einwirken lässt, erhält man epileptische Anfälle, welche sich auf die ganze rechte Hälfte des Thieres verbreiten. Wenn man das Centrum des rechten hinteren Gliedes erregt, so fängt der Anfall mit isolirten klonischen Bewegungen dieses Gliedes an, und bald darauf beginnt auch das vordere Glied sich krampfhaft zu bewegen, sowie auch die übrigen Muskeln derselben Seite; wenn man dagegen das Centrum des Augenlides erregt, so beginnt der Anfall mit sehr kräftigen klonischen Krämpfen des Ringmuskels, und verbreitet sich nach und nach auf die übrigen Muskelgruppen der rechten Seite. Man wiederholt den Versuch mit einem sehr starken Strome, um einen vollständigen Anfall beider Seiten hervorzubringen, und das gelingt nicht, das Thier hat immer nur einen einseitigen, wenn auch sehr starken Anfall mit reichlichem Speichelfluss und von der Dauer von 4 bis 5 Minuten.

Man entfernt die aufgedeckte Zone der Art, dass man ausser der Corticalsubstanz auch die weisse Substanz und die graue, welche in dem Sulcus cruciatus eingebettet ist, zerstört. Ziemlicher Blutverlust. Man schliesst die Hautöffnung durch eine getrennte Naht.

Das Thier ist sehr niedergeschlagen, kann nicht aufrecht stehen. Wenn man es erhebt, fällt es immer auf die rechte Seite.

9. Mai. Das Thier ist auf den Boden gestreckt. Aufgehoben macht es wenige Schritte in krummer Richtung von rechts nach links und fällt dann auf die rechte Seite, so dass es an den Gliedmassen

dieser Seite, namentlich im hinteren, einen deutlich ausgesprochenen paretischen Zustand zeigt. Gehend stellt es bisweilen das rechte Hinterbein mit der Dorsalseite auf den Boden, in Folge der Parese der Streckmuskeln. Beim Fallen und beim Stehen bleibt das oben erwähnte Glied des Thieres in anormaler und unschicklicher Lage. Die rechte Augenöffnung ist ein wenig weiter als die linke. Wenn man vor dem rechten Auge gesticulirt, so schliessen sich die Augenlider nicht, wenn nur die Wimpern nicht berührt werden; dagegen reagirt das linke Auge sogleich auf einfache Sehreize. Es liegen Thatsachen vor, die dafür sprechen, dass nicht nur Parese des rechten Orbicularis vorhanden sei, sondern auch eine Verminderung des Sehvermögens des rechten Auges, Thatsachen, welche ich bei anderer Gelegenheit besprechen werde.

12. Mai. Die Parese der rechten Gliedmassen dauert immer noch; zuweilen neigt das Thier die Dorsalseite der rechten Glieder dem Boden zu, wenn es auch geht. Dauernde Parese des rechten Ringmuskels des Auges.

20. Mai. In den letzten Tagen verbessert sich der Zustand des Thieres, die paralytischen Erscheinungen der rechten Seite geben nach. Heute muss man es sehr lange und aufmerksam beobachten, um es von einem gesunden Hunde unterscheiden zu können. Wenn es von Furcht ergriffen ist, so kann man sehen, dass die Bewegungen der rechten Glieder schwach sind im Vergleich zu denen der linken Glieder.

Nach mehreren Tagen ist die Wunde des Thieres vollkommen geheilt, auch die andern Functionen sind normal; man führt es in's Irrenhaus von Reggio, um andere Versuche mit ihm vorzunehmen.

13. August. Das Thier, das immer gesund und munter war, bekam heute epileptische Anfälle, und zwei davon wurden von einem Kranken des Hauses beobachtet, der nichts Wichtiges darüber sagen kann. Das Thier blieb sehr niedergeschlagen und geschwächt. Indem man nach dem letzten Anfalle mit einem Finger auf die Narbe der früheren Wunde drückt, giebt der Hund Zeichen von sehr starkem Schmerz, hat aber keine Krämpfe.

14. August. In der Nacht scheint er noch verschiedene epileptische Anfälle gehabt zu haben; auf dem Boden liegt viel Speichel. Heute Morgen hat er fortdauernde klonische Krämpfe der Muskeln der Schnauze, des Unterkiefers und des Halses mit Speichelfluss. Die hinteren Glieder sind halbgebogen und liegen ruhig auf dem Boden; die vorderen sind nach vorne gestreckt, zuweilen jedoch ist das rechte halb zurückgezogen mit der obern Seite der Pfote gegen den Boden. Hie und da geht das Thier einige Schritte rückwärts mit dem Kopfe nach hinten gebogen, wie von Schwindel befallen.

Wenige Minuten nachdem ich den Hund im eben beschriebenen Zustande verlassen hatte, höre ich ihn stark bellen, ich gehe zu ihm, um ihn zu beobachten. Er hat einen heftigen Krampfanfall, der sich auf die Muskeln des Unterkiefers, der Schnauze und des Halses beschränkt. Er öffnet und schliesst den Mund, indem er furchtbar bellt, und durch die Zusammenziehung der Muskeln der Schnauze und der Lippen die Zähne zeigt, hebt den Kopf durch Zusammenziehung der Muskeln des Nackens. Pupillen sehr erweitert. Die Conjunctiva sehr injicirt; kein Speichelfluss mehr. Die Glieder unbeweglich: die hinteren halbgebogen, die vorderen nach vorn gestreckt, das rechte jedoch weniger als das linke. Mit einem Stocke bedroht, giebt er keine Zeichen der Furcht, auch ändert sich die Form des Anfalles nicht. Er beisst nur in den Stock, wenn man ihm denselben zwischen die Zähne schiebt, wann er das Maul öffnet. In dieser Heftigkeit dauert der Anfall etwa fünf Minuten; das Thier geht dann in einen Zustand von Erschöpfung über, und streckt sich in der Seitenlage auf den Boden, indem es immer den Mund öffnet und schliesst. Das Maul ist blutig, da sich das Thier wiederholt in die Zunge gebissen hat. Wenige Minuten nachher ist das Thier in einen vollständigen Collapsus verfallen, dyspnoische Athmung, Ausathmungsseufzer, leichte Bewegungen des Unterkiefers und der Zunge. Stirbt nach einer Stunde.

Nekroskopie. Die knöcherne Oeffnung, welche im Schädel gemacht wurde, ist mit einer starken fibrösen Membran bedeckt, die sich in die Haut fortsetzt und mit der unterliegenden Hirnsubstanz so vereinigt ist, dass man sie von letzterer nicht trennen kann, ohne

grosse Stücke derselben mitzunehmen.. Die harte und weiche Hirnhaut zeigen sich mit Blut überfüllt, aber nicht übermässig; sie sind nicht verwachsen, selbst nicht in der Umgegend der oben bei der Operation beschriebenen Stelle. In der Dicke des ovalen Centrums der linken Halbkugel, da wo die Hirnrinde abgetragen ist, fühlt man eine Verhärtung, welche zwischen den Fingern den Eindruck einer Schnur macht und welche von einer bindegewebigen Narbe herrührt, die den Platz der zerstörten Substanz einnimmt. Die Ganglien der Basis sind normal. Der Pedunculus cerebralis der linken Seite ist härter als der der rechten, während die Stränge des Rückenmarks und verlängerten Marks (wegen der bekannten Kreuzung) der rechten Seite härter und weniger entwickelt sind als die der linken (absteigende Degeneration.)

Im zweiten Fall handelt es sich um einen Hund, welchem man in zwei Sitzungen den linken hinteren Gyrus posteruciatus vollständig wegnahm.

Das Thier wurde am folgenden Tage von Krämpfen des Unterkiefers befallen mit Bewegungen des Kopfes und hie und da der Muskeln der linken Seite der Schnauze, es blieb aufrecht und bewegte sich, wenn man ihm drohte.

Im dritten Falle handelt es sich um einen kleinen Affen, welchem man in drei Sitzungen den Gyrus angularis der beiden Seiten und den obern linken Gyrus temporo-sphenoidalis ausgerottet hatte. Am dritten Tage nach der Operation hatte das Thier Krämpfe der rechten Glieder; und diese Krämpfe wiederholten sich und verallgemeinerten sich in den folgenden Tagen.

Der Verfasser legt dem ersten Falle die grösste Wichtigkeit bei und sagt, dass dieser Fall vom wissenschaftlichen Gesichtspunkt aus betrachtet, d. h. für das Verständniss des Processes einen höheren Werth habe als viele klinische Fälle von gewöhnlicher Epilepsie.

Ich entblöde mich nicht zu behaupten, dass dieser Fall gerade für das Verständniss des Processes gar keinen Werth hat und nur zeigt, dass die Krämpfe in der partiellen Epilepsie durch Erregung

von Hirnoberflächen entstehen, in welchen auf directe oder indirecte Weise die Muskeln, welche sich zusammenziehen, vertreten sind. Ich wüsste nicht, wie man diese Behauptung in Zweifel ziehen könnte.

In der Geschichte des ersten Falles heisst es:

Man wiederholt den Versuch mit einem sehr starken Strom, um einen vollständigen Anfall beider Seiten hervorzubringen, und das gelingt nicht: das Thier hat immer einen einseitigen, wenn auch sehr starken Anfall, mit reichlichem Speichelfluss und von der Dauer von 4 bis 5 Minuten. Das wäre also einer jener Hunde, bei welchen man den vollständigen Anfall nicht hervorrufen kann, und bei welchen die Krämpfe sich nicht verallgemeinern. Luciani gründet eben auf diesen Fall die Pathogenese der Epilepsie.

Wenn die Fälle, welche Luciani berichtet, fähig wären, wie er glaubt, ein grosses Licht über den Process der Epilepsie zu verbreiten, so würden sie gewiss nicht zu Gunsten seiner Lehre sprechen. Luciani hatte bei jedem der zwei Hunde nur auf Einer Seite die hintere gekreuzte Windung weggenommen. Die Krämpfe, welche diese Thiere erlitten, beschränkten sich auf die eine Seite der Schnauze, des Halses, aufs Maul und auf die Zunge. Die krankhafte Erregung also hatte sich entweder auf die ganze Hirnrinde verbreitet, und wir hätten den Fall, dass sie die Krämpfe nicht erzeugte, weil auf der linken Seite des ersten Hundes sich gar kein Krampf wahrnehmen liess, während rechts die ganze erregbare Zone unversehrt war; die Krämpfe wurden also nicht durch Erregung der Hirnrinde erzeugt, und das wäre also nicht, was Luciani behauptet; oder in den Fällen Luciani's blieb die krankhafte Erregung auf die verletzte Hemisphäre beschränkt, und dann müsste Luciani erklären, wie, während die Functionen jeder Halbkugel sich mit Rücksicht auf Bewegung und Empfindung auf nur Eine und zwar die entgegengesetzte Seite beziehen, und während für die Verstandeserscheinungen bloss eine Halbkugel genügend ist, in der Epilepsie dagegen der Verlust des Bewusstseins und der Empfindung vollständig und die Convulsionen beiderseitig sind.

Viel Werth hätten die beiden von Luciani erzählten Fälle, wenn bei allen Erscheinungen einer verallgemeinerten krankhaften Er-

regung, welche sich durch allgemeine Krämpfe und Verlust des Bewusstseins und der Empfindung zu erkennen giebt, nur die Glieder einer Seite, deren Centren in der Hirnrinde zerstört worden, schlaff und frei von krankhaften Erschütterungen geblieben wären.

Luciani prüft alle meine Experimente, sowie auch die von Pitres und Frank, die von Hitzig und von Corona, welche sich auf die Erzeugung des vollständigen epileptischen Anfalles bei Hunden mit Krämpfen derjenigen Gliedmassen, deren erregbare Zone der Hirnrinde zerstört wurde, beziehen.

Diese Thatsachen widersprechen seiner Meinung, dass die motorische Zone der Gehirnrinde das Centralorgan der epileptischen Krämpfe sei. Er befreit sich aber in sehr bequemer Weise von den widersprechenden Thatsachen, indem er sie alle für ungenau und unvollständig erklärt. In keinem Falle wäre die ganze erregbare Zone der von den Krämpfen ergriffenen Glieder zerstört worden, sondern ein Theil sei verschont geblieben; man halte fest, dass Luciani ein Localisator ist. Dass die Strecke der Hirnrinde, durch deren Erregung man Bewegung der entgegengesetzten Seite hervorbringen könne, im Hunde eine Ausdehnung habe, welche in den Grenzen von wenigen Millimetern veränderlich sein kann, gebe ich Luciani gern zu; wenn er aber behauptet, dass in meinen Experimenten die Zerstörung der verschiedenen Zonen unvollkommen gewesen sei, so muss ich glauben, Luciani habe meine Versuche nicht aufmerksam gelesen. In der That, wenn man das 10., 11., 13. Experiment besieht, so findet man, dass sie auf folgende Weise ausgeführt wurden: Zuerst deckte man die hintere gekreuzte Windung der einen Seite auf und erregte; nach erhaltenem epileptischen Anfall, rottete man sie aus. Nach einer oder zwei Wochen öffnete man die Wunde und erregte die Oberfläche, wo die Rinde abgetragen ist, und die anliegenden Theile. Man ersah, dass man mit einem starken Strom (Rollenabst: 4 Cm.) keine von den zerstörten Oberflächen abhängigen Bewegungen erhielt; man legte die hintere gekreuzte Windung der andern Seite bloss und erhielt durch Erregung einen vollständigen epilep-

tischen Anfall mit beiderseitigen Krämpfen. Wenn nun die Erregbarkeit des Gehirnes seine physiologische Thätigkeit beweist, welchen Grund hatte Luciani, zu sagen dass in meinen Experimenten die Oberflächen der entgegengesetzten Glieder nicht vollständig beseitigt waren, da doch die Elektricität keine Bewegungen mehr durch dieselbe hervorbringen konnte? Dass die elektrische Erforschung genau war, wird durch das II. Experiment gezeigt, in welchem man keine Bewegungen der Glieder hatte, während man Bewegungen des Kopfes und der Schnauze hervorbrachte, deren Centren unversehrt und erregbar geblieben waren.

Gehen wir weiter in der Mittheilung unserer Experimente. XII. Exper. 29. März 1876. Bei einer Hündin deckt man die rechte, hintere gekreuzte Windung auf und erregt sie (Rollenabst. 10 Cm.): vollständiger epileptischer Anfall; man trägt die erwähnte Windung ab.

30. März 1876. Fällt oft auf die linke Seite um, und neigt die Pfoten gegen den Boden. 15. April 1876. Man deckt die linke hintere gekreuzte Windung auf, erregt (Rollenabst. 9 Cm.), vollständiger epileptischer Anfall. Man entfernt den äussersten Theil der hinteren gekreuzten Windung. (Gegend für das vordere Glied.)

23. April 1876. Man öffnet die linke Wunde und ersieht, dass der innere Theil der hintern gekreuzten Windung erweicht, jedoch erhalten ist, man reizt (Rollenabst. 8 Cm.), starker epileptischer Anfall; man beseitigt diesen Theil der Hirnsubstanz.

Man öffnet die rechte Wunde und erregt den Grund der Wunde der Hirnsubstanz, und anliegende Theile (Rollenabst. 6 Cm.): keine Bewegung. Man stösst die Leitungsdrähte in die Nervenmasse und verstärkt den Strom (Rollenabst. 3 Cm.): starker und vollständiger Anfall. Nach demselben war das Thier wie von Wuth ergriffen, und stiess gegen die Gegenstände, ohne dieselben zu erkennen. XIII. Exper. 8. März 1876. Bei einem Hunde deckt man links in der Gegend der hintern gekreuzten Windung das Gehirn auf und erregt (Rollenabst. 10 Cm.): vollständiger epileptischer Anfall. Man entfernt die graue Substanz der hintern gekreuzten Windung.

9. März 1876. Bewegungsstörungen der rechten Gliedmassen.

20. März 1876: Man bemerkt keinen Unterschied in den Bewegungen der rechten und linken Seite. Wir haben heute von Neuem links das Gehirn aufgedeckt, und nachdem wir die Leitungsdrähte durch die früher gemachte Oeffnung geführt haben, reizen wir die Oberfläche, welche der früher entfernten erregbaren Zone entspricht, zuerst mit einem schwachen Strom (Rollenabst. 8 Cm.) ohne Wirkung, dann mit einem starken Strom (Rollenabst. 4 Cm.) mit demselben Erfolge, obgleich man während mehrer Secunden reizte. Man lässt das Thier in Freiheit, und nachdem so schon zwei Minuten seit der letzten Erregung verflossen waren, ergriffen es Krämpfe der Kinnmuskeln mit reichlichem Speichelfluss von der Dauer von mehr als einer Minute; das Thier blieb aufrecht und zeigte keine andere Erscheinung.

Man deckte nun das Gehirn rechts auf entsprechend der hintern linken Windung, und einige Stunden nach der Operation erregte man das Gehirn (Rollenabst. 10 Cm.): vollständiger epileptischer Anfall.

XIV. Exper. 2. April 1879. Schwarzes Hündchen, Blosslegung der rechten erregbaren Zone. Durch Erregung der Fläche des hinteren Gliedes erhält man einen epileptischen Anfall, der mit der Zusammenziehung jenes Gliedes anfängt. Das Thier fällt oft auf die linke Seite um, die Empfindlichkeit der Pfoten dieser Seite ist schwächer. Man bemerkt ein leichtes und vorübergehendes Abnehmen des Sehvermögens des linken Auges.

4. April 1879. Geht gut, hie und da beugt es die linken Pfoten.

21. April 1879. Der Hund zeigte heute keine auffallende Erscheinung; man bohrte links. Indem man einen kaum am Finger fühlbaren Strom auf das unterliegende Gehirn einwirken lässt, kann man bemerken, wie sich die Augenlieder des rechten Auges zu schliessen anfangen; indem man die Elektrisation fortsetzt, bemerkt man klonische Zusammenziehungen der oberen und unteren Glieder beider Seiten; nachdem das Thier freigemacht und auf den Boden gelegt worden war, hatte es einen langen vollständigen epileptischen Anfall mit Schaum am Maule, auf welchen Staunen folgte, und nach welchem das Thier sich auch mit vieler Mühe nicht aufrecht stellen konnte, und

immer auf die linke Seite fiel. Nach diesem ersten Anfalle erregte man die gleiche Stelle und musste lange reizen, um einen zweiten Anfall hervorzubringen, der kürzer war, als der erste. Man entfernt den Theil der Hirnrinde, welcher gereizt wurde.

Das Thier, auf den Boden gelegt, bewegt sich nicht, heftig getrieben, macht es nicht einen Schritt, sondern lässt sich wie ein todter Körper herumführen; auf lärmhafte Drohung giebt es Zeichen zu hören, mit Geberden bedroht, bewegt es sich nicht.

25. April 1871. Der Hund war in Folge der letzten Verstümmelung in sehr schwachen Zustand versetzt, weswegen er mit dem Stiche des verlängerten Markes getödtet wurde, und man machte die Autopsie.

Rechts, an der Stelle der Durchbohrung, findet man eine dicke Membran. Indem man sorgfältig das Gehirn aufdeckt, findet man rechts keine Spur mehr von der hinteren gekreuzten Windung, so dass das Corpus striatum bloss liegt; es fehlt auch grösstentheils die vordere gekreuzte Windung und der vordere Theil der ersten und zweiten äusseren Windung. An der Stelle dieser Hirnwunde befindet sich weder Eiter, noch Blut. Der Sehhügel und Streifenhügel, sowie auch der übrige Theil der Hemisphäre sind normal. Links ist die Gegend des Nervus facialis vollständig weggenommen worden, und der grösste Theil der zweiten äussern Windung ist zerstört. Diese ganze Halbkugel befindet sich in einem Entzündungsprocess.

XV. Exper. 10. April 1879. Kräftiger Hund. Man bohrt rechts den Schädel an, in der Gegend der erregbaren Zone. Indem man mit dem Strom die Gegend des N. facialis angreift, hat man einen starken epileptischen Anfall. Man nimmt die Hirnsubstanz der erregbaren Zone weg.

23. April 1879. Plötzlich wurde dem Hunde unwohl, er winselt kläglich und ein wenig Hirnsubstanz kommt aus der Wunde. In den Nachmittagsstunden lag er auf den Boden gestreckt, ohne Bewusstsein in epileptischem Zustand, alle Glieder und die Schnauze waren von krampfhaften Erschütterungen bewegt.

24. April 1879. Heute Morgen findet man den Hund noch in

demselben Zustand, ohne Bewusstsein auf den Boden gestreckt. Die Erschütterungen sind leicht, aber ununterbrochen in den hinteren Gliedern beider Seiten, in den Muskeln des Unterkiefers und der Schnauze, reichlicher Speichelfluss, sehr selten Erschütterungen der vorderen Glieder. Das Thier stirbt am Nachmittag.

Autopsie. An der Stelle der rechten Gyri prae- und post-cruciatus und der vorderen Hälfte der ersten und zweiten äusseren Windung der rechten Seite, findet man einen Brei, der aus Blut, Eiter und Rückstand von Hirnsubstanz besteht. Fast die ganze Halbkugel ist erweicht und von Eiter infiltrirt; der Seh- und Streifenhügel sind kaum erkennbar. Die Hirnschenkel zeigen sich gut erhalten; aber an der Basis zwischen diesen Schenkeln findet man ein wenig Eiter; in der Seitenkammer der entgegengesetzten Hemisphäre findet man auch Eiter.

XVI. Exper. 17. Mai 1876. Rother Hund (siehe Seite 492), der sich seit mehr als zwei Monaten schon im Laboratorium befindet. Hat links den Sympathicus durchschnitten, die Temperatur des Ohres dieser Seite ist höher.

Man durchbohrt den Schädel rechts in der Gegend der erregbaren Zone; während man das Knochenscheibchen wegnimmt, bemerkt man Krämpfe der Augenlider (des Musc. orbicularis) links, welche einige Secunden isolirt dauern, sich dann aufs vordere rechte Glied verbreiten, und endlich sich verallgemeinern mit Verlust des Bewusstseins, reichlichem Speichelfluss, Urinverlust, einem Schrei: die krampfhaften Erschütterungen sind ununterbrochen. Nach und nach hören die Krämpfe auf, zuerst rechts, dann links, und das Thier, das sehr sanft war, bellt und will beissen.

Man bohrt links auch in der Gegend der erregbaren Zone den Schädel an, schneidet in die dura mater ein, zerstört mit einem Löffelchen die Hirnsubstanz, und indem man das Löffelchen bis auf die Basis des Schädels einstösst, versucht man, den vorderen Theil des Gehirns vom übrigen zu isoliren. Das Thier bleibt niedergeschlagen.

Kurz nachher leitet man den Strom durch die Gegend des Facialis (Rollenabst. 10 Cm.), ohne die dura mater zu entfernen: Krampf

des linken Augenlides, der sich dann auf alle Muskeln verbreitet, die krampfhaften Zuckungen sind auf beiden Seiten ersichtlich, Speichelfluss, Verlust des Bewusstseins, der Anfall ist vollständig, und dauert ungefähr eine Minute. Am Ende sieht man, dass links klonische Krämpfe vorhanden sind, während die Glieder rechts starr, gestreckt sind (tonische Krämpfe); zuletzt erschlaffen alle Glieder, die rechten mehr, als die linken.

Nach einem Augenblicke erregt man von Neuem und hat einen kurzen und unvollständigen Anfall, in welchem man bemerkte, dass die linken Glieder krampfhafte Erschütterungen zeigten, während die rechten gestreckt und starr waren (tonische Krämpfe).

Man rief einen dritten Anfall hervor, in welchem man auf beiden Seiten krampfhafte Zuckungen hatte, immerhin stärker auf der linken; rechts blieben die Glieder starr, während die linken noch zuckten.

Ein vierter Anfall blieb sehr unvollständig; man hatte Zuckungen auf beiden Seiten, stärker jedoch links.

Am folgenden Tage befindet sich das Thier in einem sehr schlechten Zustande; ehe man es tödtet, will man noch einen neuen Versuch machen. Die Wunde wurde daher erweitert, um rechts die erregbare Zone aufzudecken und durch Erregung mit einem leichten Strome hat man Bewegungen der entgegengesetzten Glieder; indem man den Reiz fortsetzt, verbreiten sich die krampfhaften Bewegungen auf die Glieder rechts, und die Krämpfe sind auch ersichtlich am rechten Augenlide, an den Muskeln der Lippen und der Schnauze dieser Seite. Nachdem der Reiz aufgehört, dauert der verallgemeinerte Anfall noch etwas. Man tödtet das Thier.

Autopsie. Die linke Hemisphäre in ihrem mittleren Theil fehlt fast gänzlich, da die Hirnsubstanz weggenommen ist. Bloss ein Theil der Stirn-, Schlaf- und Occipitalwindungen ist erhalten. Der Streifenhügel ist ganz zerstört, sowie der vordere Theil des Thalamus. Auch der Hirnschenkel ist in seinem vordersten Theil, welcher in den Streifenhügel eingeht, zerstört und theilweise erweicht. Die rechte Hemisphäre zeigt bloss eine kleine Desorganisation in dem Centrum des Facialis. Nichts am Kleinhirn und am verlängerten Mark.

Wichtig ist der folgende Versuch, bei welchem die Epilepsie durch die Reizung des Hirns nach der Durchschneidung einer Hälfte des Halsmarks erzeugt ward. Diese Methode, das Gehirn zu reizen und das Rückenmark zu durchschneiden, die von mir zum ersten Mal angewendet wurde, ist, wie mir scheint, im Stande zur Entscheidung einiger Fragen der Physiologie einen Beitrag zu liefern. Sie entspricht jener, welche mit viel Erfolg von Ludwig's Schule angewendet wurde, d. h. einen Theil des Rückenmarks zu durchschneiden und den N. Ischiadicus zu reizen. Ich konnte wegen Mangel an Hunden diese Versuche nicht fortsetzen.

Zweiundzwanzigster Versuch. 23. Mai 1879. Hündin. Man legt links die erregbare Zone bloss und reizt sie. Man braucht einen Strom von 10 Cm. Rollenabstand (fühlbar am Zeigefinger), um einen Anfall hervorzurufen, der anfangs am Gesicht und am rechten vorderen Gliede beginnt und nachher vollständig wird, die Convulsionen sind jedoch rechts etwas stärker, hauptsächlich im Anfang. Die Pupillen sind sehr erweitert, man fühlt kaum einige Pulsationen am Herzen und an der Oberschenkelarterie. Man entblösst den Raum zwischen Hinterhaupt und Atlas und durchschneidet die linke Hälfte des verlängerten Marks.

Das Thier, auf den Boden gesetzt, zeigt die linken Glieder ganz paralysirt, nur am vorderen Gliede finden einige Adductionsbewegungen statt; der Kopf ist nach links geneigt und die Wirbelsäule beschreibt eine Concavität nach dieser Seite. Wenn die Hündin mit ihren rechten Gliedern sich zu bewegen versucht, fällt sie auf die linke Seite und bleibt dann in dieser Lage gestreckt. Die linke Pupille ist enger als die entgegengesetzte, der Unterschied ist jedoch nicht gross.

In den ersten Augenblicken nach der Hemisection war kein grosser Unterschied zwischen der Temperatur der Pfoten der beiden Seiten wahrzunehmen, aber nach einer halben Stunde ist der Unterschied sehr ausgesprochen und beim Betasten leicht zu erkennen; das linke Ohr war gleichfalls wärmer als das rechte.

Die linke hintere Pfote 32,4° C. die rechte 26,0° C.
„ „ vordere „ 34,4° C. „ „ 25,2° C.

Das Schmerzgefühl ist verringert, aber an beiden Seiten des Körpers und am Gesicht erhalten. Das Blinzeln der Augenlider ist links weniger lebhaft.

Man erregt die Hirnrinde links am oben genannten Punkte (Rollenabstand 9 Cm.), und es erfolgt ein vollkommener Anfall. Anfangs hat man, gegen die Regel, sehr ausgesprochene tonische Convulsionen am ganzen Körper, einen echten tetanischen Zustand, welcher einige Augenblicke dauerte, nachher sehr starke klonische Convulsionen, an beiden Seiten von gleicher Dauer und Stärke, die sogar am vorderen linken Beine länger dauerten als in den übrigen Theilen.

Die Pupillen sind an beiden Seiten gleich sehr erweitert. Verlust des Bewusstseins, Speichelfluss. Nach Beendigung des Anfalls kehrt Alles wieder in den oben beschriebenen Zustand zurück. Als die Hündin in den Hof hinaus gelassen ward, schleppte sie sich auf der rechten Seite zu ihrem Lager; die linken Glieder sind unbeweglich.

24. Mai. Befindet sich schlecht. Man legt rechts die erregbare Zone bloss, und durch Reizung derselben erhält man Bewegungen am linken Augenlide und nichts Anderes. Links ragt die Hirnsubstanz aus der Schädelhöhle hervor und ist nicht reizbar. Man tödtet das Thier.

Autopsie. Links entsprach die Stelle, auf welche der Reiz eingewirkt hatte, der Facialisgegend, ebenso rechts. Die linke Hälfte des verlängerten Marks ist 4 Mm. unter der Spitze des Calamus durchschnitten, die Hämisection ist vollkommen, nur einige weisse Fasern an dem untern oder vordern Theil des Rückenmarks, ganz dicht an der Mittellinie, sind verschont geblieben (Sulcus longitudinalis anterior).

Aus allen diesen Experimenten ergiebt sich, dass nach der Zerstörung der Corticalzone (Bewegungszone genannt) an einer Seite und sogar einer ganzen Hemisphäre mit Inbegriff des Corpus striatum bis zum Pedunculus, und nach der vollständigen Hemiplegie durch

die Durchschneidung einer Hälfte des verlängerten Marks verursacht, noch ein vollständiger epileptischer Anfall mit beiderseitigen Convulsionen durch elektrische oder krankhafte Reizung des Hirns erhalten werden kann.

Dank den Untersuchungen von Flechsig, Charcot, Pierret, Pitres, Issatier, Vulpian und Anderen wissen wir, dass beim Menschen wie beim Hunde Bündel von Nervenfasern vorhanden sind, welche direct von der reizbaren Zone zum verlängerten Mark und Rückenmark absteigen, Fasern, welche durch Verletzung oder Zerstörung der oben genannten Hirnzone degeneriren. Aber in diesem Falle findet man in den vorderen Wurzeln des Rückenmarks keine degenerirten Nervenfasern. Diese Stränge bleiben also im verlängerten Mark. Und hier müssen sie mit der grauen Substanz derselben in Verbindung treten, und zwar mit den verschiedenen Zellenhaufen, von denen die Bewegungsfasern für die verschiedenen Muskelgruppen ihren Ursprung nehmen. Sonst könnte man nicht begreifen, wie die partiellen Bewegungen durch Reizung verschiedener Punkte des Hirns entstehen; überdies sind im oben gesagten Falle die degenerirten Fasern nicht auf einen Theil des Rückenmarks beschränkt, sondern erreichen, wenn auch in der Minderzahl, die Lendenanschwellung.

Wir wissen, wie die Ganglienkerne des verlängerten und Rückenmarks unter einander in Verbindung stehen, und wir können also begreifen, wie eine Entladung, welche von der Hirnrinde ausgeht und auf bestimmte graue Kerne des Rückenmarks übertragen wird, unter gewissen Umständen, wahrscheinlich je nach dem Grade der Erregbarkeit der Nervengewebe und der Intensität der Entladung, auch auf die symmetrischen grauen Kerne der anderen Seite verbreitet werden kann, so zwar, dass man auch nach dem Abtragen einer Hemisphäre allgemeine Convulsionen zu bewirken vermag.

Bei den Hunden, deren Sigmoidalwindung zerstört war, habe ich eine merkliche Verringerung der Empfindlichkeit der entgegengesetzten Seite des Körpers constatirt, eine Thatsache, die ich schon in meinen früheren Versuchen angedeutet habe. (Ueber die Hirncentra

der Bewegung im „Sperimentale", Februar 1876.) — Ich glaube jedoch nicht, dass diese Thatsache allein genügend wäre, um die Störung der Beweglichkeit zu erklären; es müssen dabei motorische Nervenelemente gelitten haben. Ein Affe, bei dem ich nach der Methode von Goltz die vordere Rolando'sche Windung links zerstört hatte, wurde fast ganz unempfindlich auf der rechten Seite, und es war merkwürdig zu sehen, dass, indem er den linken Theil seines Körpers sehr rein hielt, seine rechte Hälfte mit Flöhen bedeckt war, und er in keiner Weise sich davon zu befreien suchte.

Bekanntlich betrachtete Ferrier den Gyrus angularis als Corticalcentrum der Sehwahrnehmung.

Munck, Luciani, Tamburini und Andere treten ihm bei. Ich hatte mehrmals die Gelegenheit, die Winkelwindung auszuschneiden und konnte die Thatsachen dieser Autoren bestätigen; obgleich ich mit der Idee eines umschriebenen Centrums für die Sehwahrnehmung nicht einstimmen kann. Luciani und Tamburini (Ueber die psychisch-sensorischen Cortical-Centra. Reggio Emilia 1879) schnitten bei einem Affen die Rinde der beiden Winkelwindungen und die Hinterhauptlappen aus; beim Thiere blieb nach jeder nachfolgenden Ausschneidung das Sehvermögen theils unverändert, theils kehrte es, nachdem es verloren schien, wieder zurück. Dieses, so schreiben die Autoren, zeigt klar, dass es nöthig ist ausser den Centren in der Hirnrinde auch Basilar-Centren des Sehvermögens anzunehmen, die wahrscheinlicherweise in den Zweihügeln und den Thalami optici vertreten sind.

Im Allgemeinen finde ich keine Schwierigkeiten für die Annahme, dass die functionellen Eigenschaften der Hirnrinde und der Basilarganglien einander ähnlich sind; aber die Hypothese oder Lehre von Luciani und Tamburini ist nicht hinlänglich begründet; um zu zeigen, dass die Thiere ihr Sehvermögen wiedererlangen, war es nöthig, nicht nur einen Theil, sondern das ganze Hirn (die Hemisphären) abzutragen. Und dieses Experiment ist schon seit lange ausgeführt und spricht in entscheidender Weise gegen Luciani und Tamburini. Bei den Vögeln, bei denen doch die Lobuli

optici, die den Thalami optici und den Vierhügeln der Säugethiere entsprechen, bedeutend entwickelt sind, gehen nach der Zerstörung der beiden Hirnhemisphären in der That alle Fähigkeiten, welche an die Unversehrtheit des Sehvermögens geknüpft sind, die Fähigkeit, den Ort, die Speise zu erkennen u. s. w., für immer verloren, und diese Fähigkeit war beim Affen, den Luciani und Tamburini beobachteten, erhalten.

4. Die Erscheinungen des epileptischen Anfalls.

Die wichtigsten und eigenthümlichsten Erscheinungen des epileptischen Anfalls sind bekanntlich Verlust des Bewusstseins und der Empfindlichkeit, die Convulsionen, die Erweiterung und Unbeweglichkeit der Pupille im Licht, der Speichelfluss. Die am beifälligsten angenommene Erklärung des Verlustes des Bewusstseins ist der aufgehobene Uebergang des Blutes zum Gehirn, wegen der Zusammenziehung der Blutgefässe durch Reizung ihrer motorischen Nerven. Nach den Versuchen von Astley Cooper, Kussmaul und Tenner, welche von allen Physiologen wiederholt und bestätigt wurden, giebt es keinen Zweifel mehr darüber, dass, wenn dem Hirn das Blut fehlt, seine Functionen und daher vor allem das Bewusstsein verloren gehen. Als Beweis, dass dies auch bei dem epileptischen Anfall geschieht, führt man die Blässe des Gesichts an, eine Erscheinung, welche den Anfall begleitet und die nach Einigen sogar zuerst auftritt. Brown-Sequard, welcher in diesen letzten Jahren die Ansicht mehrfach verfocht, dass der Verlust des Bewusstseins von Blutlosigkeit des Gehirns durch Reizung der vasomotorischen Nerven abhänge, versuchte einen directen experimentellen Beweis zu liefern. Er soll beobachtet haben, dass es bei epileptisch gewordenen Meerschweinchen einen Anfall ohne Verlust des Bewusstseins giebt, wenn der Halssympathicus auf beiden Seiten durchschnitten wurde. Vulpian hat jedoch die betreffende Angabe nicht bestätigt.

In meinen Versuchen habe ich mich überzeugen können: a) dass man einen vollständigen epileptischen Anfall mit Verlust des Bewusstseins auch ohne erkennbare Blutlosigkeit des Gehirns haben kann;

aus einer in der Cerebralsubstanz angebrachten Wunde fliesst vielmehr während des Anfalls eine grössere Menge Blut als im Zustande der Ruhe; ich muss jedoch darauf aufmerksam machen, dass es nicht leicht ist, zu entscheiden, ob die blutige Injection, welche während des Anfalls bemerkbar ist, in der That von der thätigen Hyperämie oder der einfachen Stauung des Blutes in den Gehirngefässen abhängt; b) dass man bei Katzen, nach beiderseitiger Durchschneidung des Halssympathicus einen vollständigen Anfall haben kann. — Ich glaube, dass der Verlust des Bewusstseins bloss von der Verbreitung der Entladung von dem gereizten Punkt aus auf das übrige Gehirn abhängen kann.

Was die Erweiterung der Pupille betrifft, welche bei dem epileptischen Anfall beobachtet wird, so habe ich gesehen, dass bei Hunden, denen ich den Vagus-Sympathicus am Halse durchschnitten hatte, sich die Pupille auf der gesunden Seite und nicht auf der der sympathischen Innervation beraubten, erweiterte.

Eine andere Erscheinung, welche den epileptischen Anfall begleitet, ist der Speichelfluss. Ich habe dafür gesorgt zu erkennen, ob es sich um eine Vermehrung der Secretion, oder bloss um die verhinderte Deglutition des abgeflossenen Speichels und mithin um den einfachen Fluss desselben handelt, und im ersteren Falle, auf welchem Wege das Phänomen durch die Nerven vermittelt wird. Nur zwei Versuche sind mir gelungen, um diese Thatsachen zu erforschen. Bei einem Hunde habe ich den Ductus Whartonianus blossgelegt und in denselben ein Röhrchen eingeführt, und nachher den Gyrus postcruciatus entblösst. Nachdem ich die aus dem Röhrchen in der Zeiteinheit ausfliessenden Tropfen gezählt hatte, erzeugte ich den epileptischen Anfall durch Reizung des Gehirns. In derselben Zeiteinheit floss aus der Submaxillaris während des Anfalls eine fast doppelte Menge von Speichel. Nachdem der Ramus tympanicus an dem Punkte, wo er vom Lingualis entspringt, abgerissen worden und ein neuer Anfall durch Reizung des Gehirns hervorgebracht wurde, zeigte sich während der ganzen Dauer des Anfalls am Ende des Röhrchens bloss ein kleiner Tropfen Speichel.

Bei einem anderen Hunde habe ich auch eine Fistel des Wharton'schen Ganges angelegt. Der Speichel floss aus dem Röhrchen in seltenen Tropfen, welche während des epileptischen Anfalls häufiger wurden. Nachdem ich die Aeste des Sympathicus, welche nach der Submaxillaris-Drüse gehen, zerstört und das Gehirn gereizt hatte, erzeugte ich auf's neue die Epilepsie. Die in der Zeiteinheit gesammelte Menge von Speichel war geringer als vorher, man erhielt indess einige Tropfen.

III. Resultate der Pathologie des Menschen.

Es ist gegenwärtig einem Jeden bekannt, dass eine krankhafte Irritation der Corticalsubstanz des Hirns zur Epilepsie führen kann. Thatsachen dieser Art finden wir in grosser Zahl nicht bloss in der modernen Litteratur, sondern auch in allen berühmten Werken, welche vom Anfang der pathologischen Anatomie an über Epilepsie erschienen sind.

Obgleich viele Thatsachen über Epilepsie durch Verletzung der Corticalsubstanz schon lange bekannt und sogar mit Genauigkeit aufgeführt worden sind, ist dennoch ihr Werth und ihre Bedeutung vor den Arbeiten Hughlings Jackson's [1]) nicht anerkannt worden. Dieser Autor hat auf Grundlage klinischer Beobachtungen den Satz klar formulirt, dass die epileptischen Convulsionen auf die Verletzungen begrenzter Theile der Corticalsubstanz des Hirns, in welchen verschiedene Gruppen von Muskeln repräsentirt sind, zurückgeführt werden müssen. Er hat das Princip festgestellt, dass in der Epilepsie, die vom Hirn herrührt, zuerst und am meisten jene Theile leiden, welche zu mehr willkürlichen (speziellen) Operationen, später und weniger diejenigen, welche

[1]) H. Jackson. On the anatomical, physiological and pathological investigation of Epilepsy. The West Riding Lunatic Asylum Medical Reports. V. III. London 1873.

zu den mehr automatischen (allgemeinen) dienen; und dass die Art des Angriffs in den epileptischen Anfällen das Wichtigste in der anatomischen Untersuchung eines jeden besondern Falls der Epilepsie ist. Denn sie weist auf den Theil des Hirns hin, welcher sich entweder entlud, oder wo die Entladung anfing.

Es wurde beobachtet, dass es reizende Verletzungen sind, nicht die zerstörenden, welche Epilepsie hervorrufen. Das Experiment giebt uns Aufklärung darüber: nämlich wenn die graue Substanz der sogenannten motorischen Zone zerstört wird, und wenn die Reizung einige Tage nach der Zerstörung erfolgt, so bekommt man durch Irritation der darunter liegenden Nervenfasern weder einzelne Bewegungen noch Epilepsie; dieselben erfolgen aber, wenn die weisse Substanz sogleich nach der Zerstörung der grauen gereizt wird (siehe meine Arbeit über die Hirncentren der Bewegung, Sperimentale vom Februar 1876 — und den 10., 11., 13. Versuch dieser Arbeit). — Pitres und Franck, welche auf diese meine Untersuchungen ihre Aufmerksamkeit lenkten und sie bestätigten, haben gesucht die Zeit genau zu bestimmen, in welcher die Leitungsfähigkeit der Nervenfaser verloren geht. Sie haben nämlich gefunden, dass zwischen der 90. und 100. Stunde die Leitung gänzlich verschwindet. Beim Hunde verliert ebenfalls der peripherische Theil eines durchschnittenen Nerven seine Reizbarkeit im Verlauf des vierten Tages. — Wir haben gesehen, wie nach der Zerstörung der motorischen Zone der Corticalsubstanz einerseits und sogar einer ganzen Hemisphäre, durch elektrische Reizung der gesunden Hemisphäre ein vollständiger epileptischer Anfall hervorgerufen werden kann. — Ich habe mich gefragt, ob in der Pathologie des Menschen ebensolche Thatsachen bekannt sind, d. h. Fälle von krankhafter Zerstörung der motorischen Zone der Corticalsubstanz einer Seite, in welcher beim Vorhandensein epileptischer Anfälle in Folge einer mehr oder minder ausgebreiteten Ernährungstörung der übrigen Nervencentra, die Convulsionen allgemein waren. Ich kann hier zwei solche Fälle mittheilen, und vielleicht wurden noch mehrere solcher Fälle beschrieben. Ich entnehme den

ersten Fall einer Schrift von Palmerini [1]), und desto williger, da ich selbst bei der Autopsie zugegen war und also den Umfang und die Wichtigkeit der Verletzung aus eigener Anschauung kenne.

M. M., eine 17jährige, arme Bauersfrau, war den 28. Februar 1857 im Irrenhause von Siena aufgenommen. Die Ursachen der Krankheit sind unbekannt; Thatsache ist, dass M. M. seit der frühesten Kindheit epileptischen Convulsionen unterworfen war und später hemiplegisch und blödsinnig wurde. Es ist sehr wahrscheinlich, dass der Blödsinn bei ihr nach und nach entstanden sei, aber die Hemiplegie soll, nach den Angaben des behandelnden Arztes, vielleicht von einer traumatischen Verletzung des Kopfes hergerührt haben, die sie bei einem durch ihre Convulsionen verursachten Fall davontrug. Auf den ersten Anblick ist kein Zeichen von Lähmung in den Muskeln des Gesichts zu bemerken; aber wenn man aufmerksam beobachtet, sieht man, dass der Mundwinkel ein wenig nach links verzogen ist und zwar dann, wenn irgend welche Gemüthsbewegung, besonders Zorn ihr Gesicht belebt. Der rechte Oberarm ist bei ihr gelähmt; ihre Hand ist jeder willkürlichen Bewegung gänzlich beraubt und unfähig irgend welchen Gegenstand festzuhalten; wir sehen sie zum Unterarm gebogen und einwärts gedreht. Der Unterarm kann kaum beschränkte Extensions- und Flexionsbewegungen ausführen und ist gegen den Oberarm gebeugt; letzterer kann geringe Bewegungen von vorn nach rückwärts machen.

Auch das rechte Bein leidet an einer unvollkommenen Lähmung: die Kranke war immer im Stande, sich ganz allein auf einer Ebene zu bewegen, den rechten Fuss auf dem Boden nachschleifend; es war ihr aber unmöglich ein Hinderniss zu überwinden, sie konnte weder Treppen steigen, noch sich ins Bett heben.

Die höheren Functionen ihres Gehirns waren beinahe aufgehoben; von ihrem Hause und ihren Eltern hatte sie eine unklare Vorstellung; auch ihre Sprachfähigkeit war sehr rudimentär, und ihr ganzer Sprachvorrath bestand kaum aus zehn Worten. Doch nahm sie einige Ein-

[1]) Ugo Palmerini. Tre casi di rammollimento cerebrale dell' emisfero sinistro interessante la circonvoluzione frontale ascendente o marginale anteriore. Archivio It. per le Mal. nervose 1877.

drücke auf, die zu ihrem Gehirn gelangten, und vielleicht riefen sie einige Keime von Gedanken hervor und verwandelten sich in Willensimpulse, die die Thätigkeit der Muskeln erregten. Man sah in der That, wie sie ihre Hand erhob gegen diejenigen Gefährtinnen, die sie plagten oder die im Spazieren sie unwillkürlich gestossen hatten, und das ereignete sich besonders nach den epileptischen Anfällen, welche sie oft und mit ausserordentlicher Kraft ergriffen. Man konnte sogar manchmal Anfälle von maniakalischer Aufregung mit wilden impulsiven Neigungen bei ihr sehen, genau solche wie man sie bei Epilepsie beobachtet, und im Verlaufe dieser Anfälle überfiel sie Personen, brach, schädigte, zerriss Alles was ihr zur Hand kam und biss furchtbar die Krankenwärterinnen, wenn dieselben sie festhielten. Diese impulsiven Anfälle wurden zuletzt seltner und weniger intensiv, vielleicht dadurch, dass mit der Zunahme der Hirnatrophie jede Verrichtung dieses Organs, mochte sie regelmässig oder unregelmässig sein, allmälig schwächer wurde. Die epileptischen Convulsionen folgten auf einander fast ohne Unterbrechung während ganzer Tage, bis die Kranke in eine tiefe Schlafsucht verfiel, so dass man für ihr Leben fürchten musste. In Folge der vielen und starken epileptischen Anfälle erkrankte M. M. an einer ausgedehnten Lungenentzündung, welche wegen der Geschwindigkeit, mit der sie die Kranke in grosse Gefahr versetzte, den Verdacht einer Lungenapoplexie erweckte. — Sie starb im März 1877 in Folge der Lungenkrankheit.

Nekroskopie. Auf der behaarten Kopfhaut und auf dem oberen Theil der Stirn waren alte Narben zu sehen. Der Schädel war brachyocephal und sehr klein; die Knochen dick und stark, und die Diploe in grosser Menge vorhanden. Die dura mater ist sehr verdickt, glänzend und beim Schnitt knisternd, längs des Sulcus longitudinalis ist sie fest verwachsen. Die Arachnoidea zeigt dunkle Stellen auf der ganzen Oberfläche der beiden Hemisphären; die Gefässe der pia mater sind mit Blut überfüllt. — Wenn man die Hirnhüllen abhebt, bemerkt man sogleich eine ausgesprochene Asymetrie des Gehirns; die linke Hemisphäre scheint viel kleiner als die rechte. In der einen wie in der andern und besonders in den Frontal- und

Parietalregionen sind die Windungen klein, deprimirt und lassen erweiterte Furchen zwischen sich, in welchen die Subarachnoidealflüssigkeit, die ein wenig trüb ist, sich wie in kleinen Beuteln anhäuft. Es ist klar, dass das ganze Gehirn, vorzugsweise seine linke Seite, der Sitz einer Atrophie war. In der linken Halbkugel bemerkt man, dass die vordere Centralwindung, und ein wenig die hintere Centralwindung so tief durch Atrophie betroffen sind, dass ihre Breite nur 1 $^1/_2$ Millimeter beträgt. Diese Atrophie hat hauptsächlich ihren Sitz in dem Mittelpunkt der vordern Centralwindung, und allmälig sich verringernd, erreicht sie das obere und untere Ende derselben. Ein anderer Punkt in der rechten Halbkugel, entsprechend der ersten Occipitalwindung, ist von derselben Atrophie betroffen. Die dritte linke Frontalwindung zeigt nur den Grad von Atrophie, der in allen übrigen Windungen vorhanden ist.

Die graue Rinde ist viel dünner als gewöhnlich und mehr gefärbt. Die Consistenz der Hirnsubstanz ist etwas vermehrt. Die Seitenkammern des Hirns sind ziemlich weit. Das corpus striatum und der thalamus der linken Hemisphäre sind kleiner als die rechten, d. h. in diesen Organen beobachtet man dieselben Unterschiede, welche wir schon in der ganzen linken Hemisphäre im Vergleich mit der rechten wahrnahmen. Bei der Durchschneidung dieser Organe finden wir im ganzen Mittelhirn und im Kleinhirn nichts Bemerkenswerthes. — Gewicht des Hirns: rechte Halbkugel 328 Gr., linke 243 Gr.; Gewicht des Kleinhirns: 127 Gr. —

Es könnte Jemand bemerken, dass in dieser Beschreibung nur von epileptischen Anfällen gesprochen wird; es wird aber nicht mitgetheilt, ob auch die rechte Seite von Convulsionen befallen war. Ich kann daher hier die Aussage Palmerini's hinzufügen, den ich befragt habe, und der öfters bei den Anfällen zugegen war und sie beobachtet hat, dass die Convulsionen allgemeine waren.

Ich entnehme aus der Arbeit von Pitres über Physiologie und Pathologie des Centrum ovale eine andere für mich sehr wichtige klinische Beobachtung, welche dieselbe Bedeutung hat, wie die vorige.

Beobachtung CIII. Cysten des Gehirns von Dubian[1]). Spasmodische Hemiplegie von Kindheit an. Contractur und Atrophie der Glieder der linken Seite. Häufige Anfälle von Epilepsie, während deren die Convulsionen vorzugsweise auf der linken Seite stattfanden.

Autopsie. In der rechten Hemisphäre existirt eine ausgedehnte Cyste, die 150 Gramm seröser Flüssigkeit enthält. Die ganze Portion des Gehirns, welche das Gewölbe des Ventrikels bildet, fehlt und ist von der Cyste ersetzt; vordere und hintere Lappen communiciren nur vermittelst einer engen Brücke von Hirnsubstanz. Die beiden Seitenkammern bilden bloss Eine. Der rechte Thalamus opticus ist atrophisch. Der rechte Pedunculus cerebri ist weniger entwickelt als der linke.

Wir schliessen diese Arbeit mit der Erwähnung der Art und Weise, auf welche die epileptischen Convulsionen von einer Seite sich auf die andere verbreiten.

Die epileptischen Convulsionen, welche von einer krankhaften Irritation einer Hemisphäre abhängig sind, beginnen sehr oft oder sogar immer an der entgegengesetzten Seite, und im Allgemeinen, nach Jackson's Beobachtung, in den mehr willkürlichen Muskeln. Bei der Verbreitung auf die andere Seite bemerkt man, dass vor allen anderen diejenigen Muskeln betroffen werden, welche leichter in Thätigkeit kommen auf dem Wege der Reflexe und der Association.

Es ist interessant die folgenden Thatsachen in Erwähnung zu bringen. Einer der Kranken Jackson's, bei welchem die Anfälle in den Fingern der rechten Hand begannen, erzählte, dass, nachdem einmal die rechte Seite des Körpers betroffen war, der Anfall durch den Thorax auf den ganzen linken Arm überging; nur die Finger blieben unberührt.

Beim Hunde, den Hitzig aufführt und dessen Beschreibung in der Einleitung auseinandergesetzt ist (dritter Versuch), stellten sich Convulsionen ein, an denen alle Muskeln der rechten Hälfte

[1]) A. Pitres. Recherches sur les lésions du centre ovale. Paris 1877. — Journal de Méd. de Bordeaux, und Journal de Méd. mentale par Delasiauve. T. VIII, 1868. p. 179.

des Körpers, die Kaumuskeln, Respirationsmuskeln, und die Muskeln der beiden Augen Antheil nahmen. Die Muskeln der linken Hälfte waren nur ausnahmsweise den Convulsionen ausgesetzt.

Beim Affen von Luciani breiteten sich die Convulsionen, nachdem sie einige Zeit auf die eine Seite des Körpers beschränkt geblieben waren, auf die andere Seite aus, aber zunächst auf das entgegengesetzte Hinterbein.

In einem Fall von Assaglioli und Bonvecchiato war der Angriff, welcher vom rechten Orbicularis, von den Radialfasern der Iris und den Muskeln des rechten Augapfels (Mydriasis, Nystagmus) begann, indem er auf die linke Seite sich verbreitete, ein solcher, dass er vor Allem den Orbicularis und die Muskeln des Augapfels u. s. w. betraf.

Es ist wünschenswerth, dass die Autoren in der Beschreibung von Fällen der Epilepsie, bei welchen die Convulsionen von einer Seite des Körpers auf die andere übergegangen sind, so genau als möglich angeben, welche Muskeln nach einander betroffen wurden.

XIX.

Helminthologische Beobachtungen bezüglich der unter den Arbeitern am St.-Gotthard-Tunnel aufgetretenen endemischen Krankheit.

Von

Professor **E. Perroncito.**

Meine bisherigen Beobachtungen berechtigen mich zur Erklärung, dass die unter dem Bilde einer perniciösen Oligämie erkrankten Arbeiter vom St.-Gotthard-Tunnel in ihrem Darme (abgesehen von den gemeinen Spul-, Spring- und Peitschenwürmern) drei verschiedene Helminthenarten beherbergen, welche sämmtlich zu gleichen klinischen Erscheinungen Anlass zu geben im Stande sind und sich bei den Kranken in mehr oder weniger beträchtlicher Menge vertreten finden. Es sind dies der von Dubini entdeckte Dochmius duodenalis Leuckart (= Ankylostoma duodenale Dubini), die Anguillula intestinalis Bavay und die Anguillula stercoralis Bavay. Es giebt, meinen Beobachtungen zufolge, Kranke, bei denen von den eben genannten drei Arten ausschliesslich oder überwiegend der Dochmius vorkommt, und andere, welche viele Anguillula-Exemplare und nur wenige oder keine vom Dochmius beherbergen, ohne dass es bei dem heutigen Stande der Wissenschaft immer möglich ist, die genaue Diagnose der jeweiligen Helminthiasisform festzustellen.

Meine Schlussfolgerungen fussen auf der sorgfältigen mikroskopischen Untersuchung der Fäces und wohlgelungenen Züchtungs-

versuchen. Einige Kranke entleerten fast ausschliesslich und in mehr oder weniger ansehnlicher Menge Eier, die sich ihren morphologischen Kennzeichen zufolge als dem Dochmius angehörig erwiesen und bei der künstlichen Ausbrütung auch in der That ächte Dochmius-Larven zur Entwicklung brachten. Andere Kranke entleerten zwar ebenfalls Eier, die sich morphologisch und durch ihre höchst ungleichmässige Brutdauer ganz wie die des Dochmius verhielten, bei der Ausbrütung jedoch Embryonen und Larven hervorbrachten, die sowohl anatomisch, als durch ihre Lebensweise von denen des Dochmius abwichen, und die ich als der sogenannten Anguillula intestinalis Bavay angehörend erkläre. Ferner fand ich wiederholt in den frischen Darmausleerungen von Kranken, die überwiegend von der Anguillula intestinalis behaftet waren, neben einer grösseren oder geringeren Menge von Eiern, freie, gewöhnlich recht zahlreiche Larven, die sich lebhaft und nach verschiedenen Richtungen hin und her bewegten und sich durch ihre anatomischen Merkmale als die von Bavay so benannten Larven der Anguillula stercoralis erwiesen.

Ueber die Entwicklung der Larven vom Dochmius duodenalis (Ankylostoma duodenale) ausserhalb des menschlichen Organismus.

Die Eier des Dochmius sind oval, mit einer dünnen, zuweilen den äussersten Grad der Dünnheit erreichenden, einfach contourirten, durchscheinenden Schale versehen, 52 μ lang, 32 μ breit. In geeigneten Medien und bei passender Temperatur gebrütet, durchlaufen sie mehr oder weniger rasch den Furchungsprocess und die Anlage des Embryo [1]). Schon nach 12—14 Stunden der Brütung erblickt man einige wenige Erstlingslarven. Nach 1½ bis 2 Tagen sind bereits die meisten Eier erschlossen und zeigen den Embryo auf verschiedener Stufe der Entwicklung. Am 2., 3. und 4. Tag wächst im-

[1]) Bei einer Temperatur von 35°—40° C. sah ich die Eier unverändert bleiben; mit ein Beweis, dass sich die Eier des Dochmius nicht innerhalb des menschlichen Organismus entwickeln können.

mer die Zahl der in progressiver Entwicklung begriffenen Larven. Jedenfalls aber ist die Zeit, welche die einzelnen Eier zu ihrer Reifung und Aufschliessung erheischen, eine sehr ungleiche, und noch nach vielen Tagen seit dem Beginne der Brütung sieht man neue Embryonen zur Entwicklung kommen und neue Larven ausschlüpfen.

Letztere habe ich zu wiederholten Malen mit dem Kopfe voran die Eischale verlassen sehen, und zwar mit verschiedener Geschwindigkeit, je nach der Temperatur, bei welcher die Präparate gehalten wurden. Bei 28—33° C. erfolgt das Ausschlüpfen in 2 oder 3 Absätzen, die innerhalb einer Minute aufeinander folgen. Die Larve bohrt sich mit dem Kopfe, meist etwas seitwärts vom Eipole, einen Ausgang; zuerst schnellt die vordere Körperhälfte hervor; sodann folgt der übrige Körper unter kräftigen Seitenbewegungen nach, wobei auch der Kopf an der Aussenseite der Schale Halt zu finden sucht.

Die frisch ausgeschlüpften Larven erscheinen gewöhnlich wie erstarrt, und mehrmals sah ich sie ungefähr dieselben Bewegungen wiederholen, die sie innerhalb der Schale ausgeführt hatten. Diese Bewegungen könnte man daher automatisch nennen, und es verstreicht eine verschieden lange Zeit, bevor es den neugeborenen Larven gelingt, sich vollständig auszustrecken.

Beobachtet man den Embryo vor dem Ausschlüpfen, durch die Schale hindurch, so sieht man ihn gleich gebaut, wie die neugeborenen Larven und auch wie diejenigen, die bereits 2—4 Tage und darüber gelebt haben. Gleich nach dem Entschlüpfen hat die Larve eine mittlere Länge von 200 μ und eine Maximalbreite von 14 μ. Von dem Bulbus pharyngeus an erscheint der Körper leicht nach vorne verdünnt; nach hinten läuft derselbe in den sehr verdünnten, pfriemenförmigen Schwanz aus. Der Kopf ist dreilappig; der Mund stellt ein rechtwinkliges, 12 μ langes Röhrchen dar, das sich in den Schlundkanal fortsetzt. Der Schlund zeigt eine vordere Erweiterung, die sich nach hinten allmählich verengt, um sodann eine abermalige, kugelige Anschwellung (Bulbus) zu bilden, mit Chitinzähnen ausgerüstet, die im Centraltheile einen dreieckigen Raum umschliessen. Der Schlundkanal besitzt starke muskulöse Wandungen. Der

die Fortsetzung desselben bildende Darm zeigt eine zellige Structur und ein zickzackförmig verlaufendes, verschieden weites Lumen, das in den auf einem seitlichen äusseren Vorsprunge gelegenen After mündet. Gegen den mittleren Theil der Körperlänge, vom Analende ausgehend, trifft man auf ein bereits sehr deutliches ovoides Körperchen, das den Darmkanal nach innen verdrängt und nach aussen zu in eine entsprechende Depression der Muskelhautschicht der Larve eingebettet ist (s. Fig. 4); es ist dies die Anlage des Genitalapparates, die schon beim Embryo ganz unzweideutig zu erkennen ist und mehr oder weniger deutlich auf allen Entwicklungsstufen der freien Larve beobachtet werden kann.

Vierundzwanzig Stunden nach dem Ausschlüpfen haben die Larven schon eine Länge von 250 μ erreicht, und ich habe berechnet, dass, wenn die Temperatur nicht über 24—25° C. hinausgeht und zeitweilig Erniedrigungen erfährt, die Larven durchschnittlich um 50 μ in 24 Stunden wachsen. Bei höheren Temperaturen und sonst günstigeren Bedingungen können sie täglich um 80—100 μ in die Länge und um 2 μ in die Breite wachsen. Doch findet dieses Wachsthum bei etwa 550 μ Länge und 20—24 μ Breite seine äusserste Grenze, über welche es der Dochmius, während seines Larvenlebens, nie hinaus bringt.

Acht Stunden nach der Geburt der Larven sah ich die zickzackförmige Gestalt des Darmrohres verstreichen. Bei der allmäligen Entwicklung und dem fortschreitenden Wachsthum der Larve wird der Darm gerade und bezeichnet die Längsaxe des Körpers. — Die anfangs schwachen und nur bei geeigneten Temperaturen sich bewegenden Larven werden nach wenigen Tagen stark und führen sogar bei 16° und 14° C. schlangenähnliche Bewegungen aus.

Sie erfahren keine Häutung; haben sie aber ihre Maximaldicke und -Länge erreicht, so beginnt eine durchgreifende Umgestaltung ihres Schlundkanals. Man könnte sagen, derselbe löst sich auf, um sich nach und nach (binnen 1½—2 Tagen) zu einem neuen Schlundkanal, von ganz anderer Structur als der frühere, bis zur **Einkapselung der Larve** dagewesene, umzugestalten. Während nämlich das

Schlundrohr eine tiefgreifende Umwandlung erfährt, scheidet die äussere Oberfläche der Larve eine glasartig durchsichtige chitinoide Substanz aus, die sich in kürzester Zeit zu einer die lebende Larve einschliessenden Kapsel verdichtet (Fig. 5, 6). Innerhalb und mit dieser Kapsel oder Cyste, die genau die Körperform der Larve nachahmt, sieht man letztere sich frei fortbewegen.

Nach geschehener Einkapselung erfährt auch der Mund eine Umgestaltung und zeigt schon die Anlage der Häkchen und Stacheln. Zugleich bildet sich das neue Schlundrohr vollkommen aus, während der Darmkanal seinen ursprünglichen Bau verliert, körnchenärmer, feinkörniger und durchsichtiger wird und eine ganz eigene Anordnung seiner Elemente aufweist. Zwischen dem vordersten und nächst folgenden Sechstel kommen die Vertreter der Papillen oder warzenförmigen Erhabenheiten, die man am erwachsenen Dochmius duodenalis seitlich angebracht sieht, zum Vorschein.

Anfänglich schmiegt sich der Larvenkörper nicht vollkommen der Kapsel an; zwischen beiden bleibt vielmehr ein Hohlraum, der zuweilen nach und nach abnimmt, so dass zuletzt, besonders an den beiden Körperenden, eine genauere Anpassung zu Wege gebracht wird. Nach anderthalb bis zwei Tagen scheidet die Haut Kalksalze ab, die sich anfangs in Gestalt von Körnchen, später aber von glänzenden, rundlichen, rechtwinkligen oder anders geformten Körperchen zeigen, welche die Kapselwand durchsetzen (Fig. 7). Letztere wird dadurch starrer und leichter zerreiblich und wird mitunter leicht durch die eigenen Bewegungen der Larve oder durch das Manipuliren am Präparate zersprengt (s. Fig. 8). In anderen Fällen bildet sie einen wahren Schutzpanzer für die Larve und widersteht auch ziemlich starken mechanischen Angriffen, wie z. B. einem stärkeren Drucke. Auf dieser Stufe angelangt, löst sich die verkalkte Kapsel leicht und ohne Aufbrausen im Magensafte und in verdünnter Salzsäure, worauf die schöne, gelbliche, äusserst lebhafte Larve frei wird. Doch bleibt hier ihre weitere Entwicklung stehen und ist ihr baldiger Tod unvermeidlich, wenn sie nicht in den menschlichen Organismus geräth.

Eingekapselte, reife Larven widerstehen vortrefflich dem Eintrocknen, sofern wenigstens dasselbe nicht über 24 Stunden gewährt hat; und wenn man sodann zu dem vollkommen eingetrockneten Präparate eine indifferente Flüssigkeit zusetzt, so sieht man die Larven wieder aufleben und allmälig nahezu ihre ursprüngliche Regsamkeit wieder erlangen. Diese Toleranz der reifen Larven für eine nicht zu lange währende Eintrocknung macht es neben ihrer Winzigkeit begreiflich, dass sie im eingekapselten Zustande und dem Staube beigemengt, leicht vom Winde fortgetragen werden können und auf diese Weise fern gelegene und früher gesunde Orte zu inficiren im Stande sind. — Waren jedoch die Larven zwei Tage lang im eingetrockneten Zustande verblieben, so nehmen sie zwar bei Wasserzusatz ihre normale Gestalt wieder an, geben aber in der Regel keine Lebenszeichen mehr, wenn man sie auch einer geeigneten Temperatur aussetzt. Nur ein einziges Mal sah ich Spuren von Bewegung wieder eintreten.

Es dürfte daher die Uebertragung der lebenden Larven sowohl in den menschlichen Organismus als auch an ferne Orte und die Inficirung dieser letzteren viel häufiger auf nassem Wege erfolgen, da sich die reifen oder fast reifen (eingekapselten) Larven sowohl in schlammigem als in klarem Wasser recht lange am Leben erhalten und sehr rege zeigen. In einem an albuminoiden Substanzen und an Kalksalzen armen Wasser sah ich sie über mehr als 50 Tage nach der Einkapselung äusserst lebhaft bleiben. Die Verkalkung der Kapsel wird in diesem Falle sehr verzögert. — Wie weit aber die Inficirung des Wassers zu gehen vermag, hatte ich an meinen eigenen Präparaten zu bemessen Gelegenheit, indem ein einziger Flüssigkeitstropfen mitunter über 100 reife Larven enthielt.

Ueber die Entwicklung der Larven der sogenannten Anguillula intestinalis Bavay.

Die Eier der von Bavay so benannten Anguillula intestinalis sind an den Polen mehr zugespitzt (also mehr spitz-elliptisch, nach beiden Polen dem spitzen Ende eines Hühnereies ähnlich gestaltet)

als die mehr ovalen, stumpferen Eier des Dochmius. Uebrigens sind ihre Durchmesser ebenso variabel, indem der longitudinale zwischen 50 und 58 μ schwankt, in seltenen Fällen gar 60 μ erreicht, der Querdurchmesser 30—34, selten bis 36 μ beträgt.

Die frisch gelegten Eier zeigen gewöhnlich einen durch den Furchungsprocess in 2, 3, 4, 5, 6 bis 8 Zellen zerfallenen Dotter. In geeignetem Medium und bei 25—26° C. der Brütung überlassen, entwickeln sie sich sehr rasch, aber in ungleichmässigen Zeiträumen. Auch hier hängt übrigens die grössere oder geringere Geschwindigkeit der Ausbrütung von der Temperatur des Mediums ab. Nach 12—16 Stunden der Brütung zeigen bereits viele Eier einen vollständig oder nahezu entwickelten Embryo, und nach 14—16—20 Stunden sieht man schon zahlreiche Larven aus den Eiern entschlüpft. Die noch im Ei eingeschlossenen aber bereits vollständig entwickelten Embryonen schimmern mit viel lebhafterem Glanze, als die des Dochmius durch die Eischale durch und zeigen entschieden lebhaftere Bewegungen. Sie schmiegen sich, wie die Dochmius-Embryonen, der Schalenwand an und erreichen nahezu das Vierfache vom Längsdurchmesser des Eies. Auch sie schlüpfen gewöhnlich mit dem Kopfe voran und mit grosser Geschwindigkeit aus dem Ei aus; doch sah ich einmal eine Larve mit dem Schwanzende voran hervortreten, wobei der Schwanz gerade und starr blieb, weil ich die Präparate, um leichter das Ausschlüpfen zu erspähen, bei relativ niedriger Temperatur (10—12° C.) beobachtete.

Die eben ausgeschlüpfte Larve zeigt ein Erstarren von sehr kurzer Dauer, das auch gänzlich ausbleiben kann. Gleich darauf beginnt sie sich schlangenförmig nach verschiedenen Richtungen und mit grosser Geschwindigkeit zu bewegen, zumal wenn das Präparat bei geeigneter Temperatur gehalten wird. — Eben geboren (s. Fig. 9) sind die Larven 200—240 μ lang, 12 μ breit, nach vorne hin etwas zugespitzt, nach hinten in einen sehr spitzen Schwanz auslaufend, so dass sie sich schwerlich von den Larven des Dochmius duodenalis unterscheiden. Auch sie besitzen einen anscheinend dreilappigen Kopf, eine rechtwinklige Mundhöhle, die sich in eine vordere Schlundanschwellung fortsetzt; hinter

letzterer verengt sich allmählich das Schlundrohr, um hierauf eine zweite Anschwellung (Bulbus pharyngeus) zu bilden. Auch hier ist der Darm von zelligem Bau, in der ersten Zeit zickzackförmig, später (mit dem fortschreitenden Längswachsthum der Larve) gerade werdend. Auf der Analseite, gegen die Mitte des Körpers hin, zeigt er ein kleines ovoides, zwischen dem Darm und der Muskelhautschicht eingebettetes Körperchen, das offenbar die Genitalanlage darstellt, aber kleiner ist als beim Dochmius.

Doch auffälliger unterscheiden sich schon jetzt die Larven der sogenannten Anguillula intestinalis von denen des Dochmius durch ihr physiologisches Verhalten und ihre Lebensweise. Während die Dochmiuslarven vor der Einkapselung nicht in flüssigen Medien leben, scheinen die der Anguillula hingegen ein wahres Bedürfniss nach solchen zu empfinden. Wurden ziemlich härtliche Massen zur Bebrütung gelegt, so fanden sich nach 24 Stunden zwar sehr viele Larven aus den Eiern ausgeschlüpft, aber doch die meisten bereits todt. Der Tod giebt sich hier jedesmal, wie bei dem Dochmius, durch eine körnig-fettige oder areoläre Entartung der Gewebe zu erkennen, wobei auch die todten Larven den trügerischen Anschein einer „Häutung" darbieten, wie sonst eine solche von den Autoren auf Grund der irrthümlich gedeuteten Einkapselung der lebenden Larven, bei Anguillula- sowohl als bei Dochmius-Arten, vermuthet oder beschrieben worden ist. Vielleicht mögen auch diese postlethalen Alterationen besonders zur Annahme einer wiederholten Häutung Veranlassung gegeben haben. — Da nun jedesmal, so lange die Bebrütung in ziemlich trocknen Medien versucht wurde, die meisten Larven bald um's Leben kamen, so überzeugten mich wiederholte Erfahrungen der Art von der Nothwendigkeit, die Erziehungsmethode für die Anguillula zu ändern. Und auf den einzuschlagenden zweckmässigeren Weg wurde ich durch die Wahrnehmung gelenkt, dass die Anguillula in Präparaten, die mit destillirtem oder gewöhnlichem Wasser, mit Koch- und Glaubersalzlösungen von 5, 6 und 7% dargestellt worden waren, vortrefflich gediehen.

Setzt man nämlich zu den Substanzen, worin Anguillula-Eier ent-

halten sind, so viel Wasser zu, dass die neugeborenen Larven darin schwimmen und ihre schlangenförmigen Bewegungen ausführen können, so gelingt es schon nach 24 Stunden Larven anzutreffen, die eine Länge von 480 μ erreicht haben. Da die durchschnittliche Länge der neugeborenen Larven 240 μ betrug, so hat sie sich binnen einem einzigen Tage verdoppelt.

In kurzer Zeit erfährt auch der innere Bau der Larven eine Umwandlung, wodurch sie nunmehr auch in anatomischer Hinsicht deutlich von den Dochmiuslarven verschieden werden. Sie behalten anfangs die Breite von 12 μ und die grösste Breite, auf die sie es zuletzt bringen, ist 16 μ bei einer Länge von 400—500 μ. Sie sind also nicht nur absolut, sondern auch relativ etwas schmächtiger als die Dochmiuslarven, wiewohl sie an absoluter Länge etwas hinter denselben zurückbleiben. — Der Kopf erscheint abgerundet, mit Andeutungen eigenthümlicher Vorsprünge; der Schlund und das Mundröhrchen vollkommen umgestaltet und durch körnige, protoplasmatische Substanz ersetzt, was darauf hindeutet, dass neue Organe in der Entwicklung begriffen sind. Die innere Körperhöhle, innerhalb der die äussere Haut der Larve bildenden musculodermatischen Schicht, zeigt in der ganzen Länge der Larve, bis zum After, eine körnige Beschaffenheit. Im Vergleich zu der deutlichen Gestaltung und Durchsichtigkeit des Darmes bei gleich vorgeschrittenen Dochmiuslarven, bildet diese körnige Beschaffenheit der Leibeshöhle eins der schärfsten anatomischen Kennzeichen der Larven von Anguillula intestinalis. Ein anderes characteristisches Merkmal liefert die Gestaltung des Schwanzendes (s. Fig. 11—13), welches bei diesen Larven ohne Ausnahme stumpf, oft auch gabelig gespalten erscheint. (Sollte die unbeständige gabelige Spaltung der Schwanzspitze nicht vielleicht ein Unterscheidungsmerkmal zwischen Männchen und Weibchen abgeben?)

Gleichzeitig mit der Umgestaltung des Verdauungsrohres entsteht auch hier, wie beim Dochmius, von der musculo-dermatischen Schicht aus, eine äussere Umhüllung oder Kapsel (s. Fig. 10), welche die Larve einschliesst und die Form derselben genau nachahmt. Jedoch ist das Schwanzende der Kapsel zwar oft wie das des Larvenleibes

abgestutzt oder gabelig, zuweilen aber auch spitz (vgl. Fig. 11—13). Nach den Messungen, die ich mit meinem Schüler und Assistenten, Dr. Victor Carità, angestellt, misst diese Kapsel 503 μ in die Länge und an der breitesten Stelle 16 μ in die Quere. Sie ist chitinöser Art und so ausserordentlich dünn, dass sie bei minder aufmerksamer Beobachtung leicht übersehen werden kann. — Bei der Reifung der Larve verkalkt die Cyste oder Kapsel wie beim Dochmius. Vor der Verkalkung der Kapsel sind die Larven der A. intestinalis überaus lebhaft, noch mehr als die des Dochmius, und erhalten sich vortrefflich im Wasser.

Ueber die Entwicklung der Larven der sogenannten Anguillula stercoralis ausserhalb des menschlichen Organismus.

Die Eier der Anguillula stercoralis entwickeln den Embryo bereits im mütterlichen Uterus und werden die Larven auf verschiedenen Entwicklungsstufen, zuweilen sogar in eingekapseltem Zustande, mit den Fäces entleert. Gewöhnlich aber findet man sie in den frischen Ausleerungen der Kranken sehr lebhaft und noch nicht eingekapselt vor. Die Länge solcher Larven fand ich von 200—260 μ, die Breite von 14—16 μ. Der vordere Theil des Körpers ist gleichförmiger dick als bei den Larven des Dochmius und der Anguillula intestinalis; der Kopf grösser, die Mundhöhle weniger lang, der Schlund stärker erweitert aber kürzer, der Darm weiter und länger als bei den entsprechenden Larven des Dochmius und dabei perlschnurförmig gestaltet, indem er eine Reihe aufeinander folgender Erweiterungen und Einschnürungen zeigt. Die Genitalanlage ist von sehr charakteristischer Gestalt, deutlich kahnförmig, 25 μ lang, 3 μ (in der Mitte) breit. — Nach einem Tage des extraintestinalen Lebens sieht man diese Larven meist schon eingekapselt.

Die Larven der hier beschriebenen drei Helminthenarten sterben unausbleiblich und zwar binnen höchstens 5 Minuten, wenn man sie

unter allmäliger Steigerung der Temperatur (auf dem Schultze'schen Wärmetische) auf 50° C. bringt.

An den Larven des Dochmius sowohl als der Anguillula intestinalis habe ich Versuche mit verschiedenen Arzneistoffen angestellt, deren Wirkung in meiner mit demonstrativen Abbildungen versehenen Arbeit angegeben und beschrieben ist.

Das wesentlichste Resultat meiner Untersuchungen fasse ich inzwischen dahin zusammen, dass ich bei allen vom St. Gotthard heimkehrenden, an perniciöser Oligämie erkrankten Subjecten, von denen ich schon eine beträchtliche Anzahl beobachtet habe, in den Darmausleerungen mehr weniger zahlreiche Eier von Dochmius oder Ankylostoma duodenale und von der Anguillula intestinalis und mitunter auch unzählige Larven der Anguillula stercoralis vorfand. In allen Fällen sind die Ankylostomen und Anguillulae in so grosser Menge vorhanden, dass sie für sich allein die mehr minder hochgradige Anämie der Kranken erklären können. Ich glaube daher, nicht irre zu gehen, wenn ich behaupte, dass die endemisch aufgetretene perniciöse Anämie dieser Unglücklichen, die unter den für die Entwicklung und Vermehrung der genannten Parasiten günstigsten Bedingungen zu arbeiten gezwungen sind, wesentlich auf Helminthiasis beruhe, und zwar auf der Gegenwart des Dochmius oder der Anguillulae oder auch gleichzeitig aller drei Helminthenarten; dass es sich mit einem Worte einzig und allein um eine parasitäre Erkrankung handle.

Die Art und Weise aber, wie sich namentlich die Anguillula intestinalis entwickelt, befugt mich, diesen Nemathelminthen aus der Gattung auszuschliessen, zu der derselbe von Bavay gestellt worden ist. Er gehört vielmehr höchst wahrscheinlich zu den Strongyliden, und zwar zur Gattung Strongylus und könnte passend als Strongylus papillosus bezeichnet werden, wie ich es ausführlicher in meiner umfassenderen Arbeit darzuthun hoffe.

Nähere Begründung der an den freilebenden Dochmius- und sog. Anguillula-Larven beobachteten Einkapselung [1]).

Das Auftreten einer äusseren Umhüllung an einigen freilebenden Nematodenlarven ist offenbar bereits von mehreren Forschern gesehen, aber nicht als **Einkapselung**, sondern als eine **Häutung** gedeutet worden: so hat **Leuckart** beim Dochmius trigonocephalus Larven beschrieben und bei Ascaris lumbricoides auch abgebildet [2]), die er als in Häutung begriffen betrachtete, während aus der Beschreibung und Abbildung leicht zu ersehen ist, dass es sich um dieselbe Erscheinung handelte, die ich an den Larven des Dochmius duodenalis und der sogen. Anguillulen näher beobachtet habe und als eigenthümliche Art von Einkapselung betrachte. Dasselbe gilt von der von **Bavay** bei seiner Anguillula stercoralis, von **Ercolani** bei Ascaris vesicularis und A. inflexa beschriebenen angeblichen „Häutung" der frei lebenden Larven.

Neu ist daher für die freilebenden Larven nicht nur der Strongyliden sondern der Strongyloiden überhaupt (d. h. Nematoden) die Auffassung dieses Vorganges als einer Einkapselung; und bei dem nicht geringen zoologischen und vergleichend-embryologischen Interesse, das sich daran knüpft, scheint es mir nothwendig, den Begriff dieser **Einkapselung freilebender Larven** scharf festzustellen und die Gründe, auf welchen meine Auffassung fusst, eingehender zu erläutern.

Während gerade bei den Helminthen vielfach unter „Einkapselung" der Vorgang gemeint wird, durch welchen der Schmarotzer inmitten der Gewebe des Pflegethieres von einer diesem letzteren angehörenden Bindegewebsumhüllung umgeben wird, ist es vor Allem selbstverständlich, dass es sich bei den freilebenden Larven um nichts

[1]) Unter Mitwirkung des Dr. Franz Baron Ungern-Sternberg bearbeitet.

[2]) Leuckart: Die menschlichen Parasiten, 1. Aufl., Bd. II, S. 214, Fig. 554.

derartiges handeln kann. Man hat es hier vielmehr mit einer dem Schmarotzer selbst angehörenden Bildung zu thun, gleich der von Leuckart genannten Cuticularkapsel, die sich bei vielen Parenchymwürmern innerhalb der Bindegewebscyste entwickelt und ein von der Haut des Schmarotzers abgesondertes, homogenes Secretionsprodukt chitinöser Art darstellt; ähnlich ferner, wiewohl einer anderen Lebensperiode angehörend, den Kapseln der Sporozoen (z. B. der Gregarinen), sowie den Panzern und Schalen vieler anderer wirbelloser Thiere, vielfach analog endlich durch die entwicklungsgeschichtliche Bedeutung mit der ebenfalls durch Secretion entstehenden Hülle der Insecten-Puppe.

Mit der Häutung haben alle derartige Kapsel-, Panzer- und Schalenbildungen den einzigen Berührungspunkt, dass sie gleich den Häutungsprodukten von dem Hautüberzuge des Thieres ausgehen und nicht von aussen her auf die Oberfläche oder überhaupt im Umkreise desselben abgelagert werden.

Sonst unterscheiden sich die genannten Bildungen von den Häutungsprodukten vor allem dadurch, dass sie, zum Schutze der Thiere dienend, das ganze Leben hindurch oder doch während einer ganzen Entwicklungsperiode, also Monate oder auch Jahre lang getragen werden, wogegen die Häutungsprodukte, die nur ganz vorübergehend als Umhüllungen der Thiere erscheinen können, ausnahmslos und binnen kurzer Zeit abgelegt werden, wobei das Thier meist auf derselben Entwicklungsstufe verbleibt und in demselben Medium zu leben fortfährt wie vor der Häutung.

Ferner liegt ein wesentlicher Unterschied noch darin, dass es sich bei der Häutung um die Abhebung einer oder mehrerer Schichten des Hautüberzuges handelt, weshalb die etwa angehäuften Häutungsprodukte ein mit den äussersten Schichten der bleibenden Haut histologisch identisches, wenn auch oft in seinen physikalischen Eigenschaften alterirtes Gewebe (meist vertrocknete Epidermis) darstellen, während die Cuticularkapseln und ähnliche Bildungen, wie bereits hervorgehoben, durch Hautsecretion entstehen und daher keinen sel-

ligen Bau aufweisen. Freilich fällt der auf der Structurlosigkeit solcher Kapseln beruhende Gegensatz zu den Häutungsprodukten in den Fällen weg, wo der Hautüberzug selbst, wenigstens in seinen äusseren Lagen, structurlos ist. Doch ist auch in solchen Fällen der Nachweis des Ursprunges möglich, wenn man die Entstehungsweise der Umhüllung verfolgt. Die Häutungsprodukte nämlich heben sich entweder sofort in ihrer definitiven Dicke ab, erfahren also kein nachträgliches Dickenwachsthum, und können dann schichtlos erscheinen; oder aber ihre Abhebung erfolgt in mehreren Nachschüben, und dann haben sie einen geschichteten oder lamellösen Bau, wobei jedoch jede Schicht oder Lamelle von Anfang an eine gleiche Dicke bewahrt. Dagegen können sich die zu Kapseln oder Panzern sich gestaltenden Secretionsprodukte, die in der Regel eine mehr weniger beträchtliche Dicke erreichen, nur allmälig in der hierzu erforderlichen Menge ausscheiden, was selbstverständlich eine längere Zeit in Anspruch nimmt. Daher wird es möglich, die allmälige Dickenzunahme solcher Bildungen zu verfolgen. Erfolgt dabei die Ausscheidung, bis zur völligen Ausbildung der Kapsel oder Schale, ununterbrochen, so ist an der fertigen Kapsel- oder Schalenwand in der Regel keine Schichtung wahrnehmbar; erfährt dagegen die Secretion wiederholte Unterbrechungen, so kommt es auch hier zur Bildung von Schichten oder Lamellen, deren jede aber, bis sie nicht durch die nachrückende Schicht abgehoben worden ist, durch ihre allmälige Dickenzunahme ihren secretorischen Ursprung documentirt. —

Endlich ist noch hervorzuheben, dass die Kapseln und Panzer in der Regel mit der Zeit eine Verkalkung erfahren, wovon bei den ephemeren Häutungsprodukten keine Rede sein kann.

Hält man diese Verhältnisse fest, so fällt es zunächst nicht schwer nachzuweisen, dass die an den frei lebenden Larven des Dochmius und der Bavay'schen Anguillulen beobachtete Umhüllung auf keinen Fall einer Häutung angehöre; denn es fehlt vor Allem das wesentlichste Requisit der Häutung; die baldige Abstossung abgehobener Hautschichten. Vielmehr wird die membranöse Umhüllung unserer

Larven (abgesehen von der Frage nach ihrem Ursprunge), nachdem sie einmal entstanden, während der ganzen übrigen Dauer des freien Larvenlebens, also Wochen und gar Monate lang, getragen und dann erst abgelegt, oder eigentlich aufgelöst, wenn die Larve in ein neues Medium, den Darmcanal des Pflegeorganismus, herübergeführt worden ist, wo sie unter Beendigung der eingeleiteten organischen Verwandlungen bald ihre Geschlechtsreife erreicht und in eine neue Lebensperiode, die eigentlich parasitäre, tritt. — Freilich kommt es bei unseren Manipulationen vor, dass hin und wieder eine Larvenkapsel zufällig gesprengt und die Larve befreit wird: doch eine solche Larve hat keine Zukunft, sie entwickelt sich nicht weiter, sondern stirbt ziemlich bald ab. Nie, und das ist wohl das Entscheidende, wird eine Larve während ihrer freien Lebensperiode spontan aus ihrer Hülle befreit, so wie nie eine während dieser Periode zufällig aus ihrer Hülle herausgekommene Larve sich fortzuentwickeln fähig ist.

Wird hierdurch schon zur Genüge der Beweis geliefert, dass es sich bei unseren Larven durchaus nicht um eine Häutung handelt, so kommt noch der Umstand hinzu, dass sich wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit der secretorische Ursprung ihrer Hülle und hiermit auch zugleich wesentliche Uebereinstimmung derselben mit den von Leuckart sogenannten Cuticularkapseln nachweisen lässt.

Zwar lässt sich in dieser Hinsicht bei unseren Larven, wegen der homogenen Beschaffenheit ihrer äusseren Hautschichten, das von den feineren histologischen Verhältnissen hergeholte Criterium nicht in Betracht ziehen. Dafür aber gelang es mir, das allmälige Heranwachsen der Hülle von ihrer anfänglichen äussersten Feinheit bis zu einer ziemlich beträchtlichen definitiven Dicke zu verfolgen, wobei es in der Regel zu keiner Schichtbildung kam (nur ein einziges Mal sah ich die Hülle einer Dochmiuslarve in ihrem hinteren Theile aus zwei concentrischen Schichten gebildet). Daher ist wohl an dem secretorischen Ursprunge der Larvenhülle unserer Strongyliden nicht zu zweifeln.

Ein nicht unwesentlicher Umstand, der die Uebereinstimmung

der äusseren Hülle unserer Larven mit Leuckart's Cuticularkapseln bekräftigen hilft, mag noch in der Verkalkung liegen, die bei den letztgenannten so häufig vorkommt und bei unseren Larven, unter günstigen inneren Verhältnissen, nie fehlt.

Nach Alle dem dürfen wir wohl kein Bedenken tragen, den an unseren freilebenden Nematodenlarven beobachteten Hergang an die bisher nur bei den parasitisch lebenden als solche beschriebene **cuticuläre Einkapselung** anzureihen.

Zugleich können wir aber auch nicht umhin, die Umstände hervorzuheben, durch welche sich unser Fall, trotz dieser generischen Anreihung, dennoch als eine specielle, besondere Form der cuticulären Einkapselung charakterisirt.

Einmal ist es der Umstand, dass hier die Einkapselung während des freien Lebens der Larve erfolgt.

Zweitens ist es die dreifache Eigenthümlichkeit, dass die Kapsel genau nach der Form des Larvenkörpers modellirt ist und dessen Umfang nur um Weniges überragt, dass dem entsprechend die Larve darin nicht zusammengeknäuelt sondern gestreckt liegt, und dass endlich die Kapsel, so lange sie weich und nachgiebig ist, passiv die schlangenförmigen Bewegungen der Larve mitmacht. — Diese Eigenthümlichkeiten dürften es gewesen sein, die die Kapsel-Natur der Umhüllung unserer Larven bisher haben verkennen lassen, da doch alle Kapseln, die man bisher kannte, eine rundliche oder höchstens längliche, nie eine fadenförmig gestreckte Form darboten, die Larve, wenn sie fadenförmig war (wie es bei allen Nematoden der Fall) darin zusammengeknäuelt lag, und von einer passiven Mitbewegung der Kapsel bei allen Schlängelungen der Larve keine Rede sein konnte.

Nun liegt es aber auf der Hand, dass diese Eigenthümlichkeiten (worunter die auf Form und Grösse bezügliche die anderen nothwendig mitbedingt und daher als primäre allein in Betracht zu ziehen ist) kein so grosses Gewicht beanspruchen dürfen, dass es darauf hin gestattet wäre, der Hülle der frei lebenden Nematodenlarven die Bedeutung einer Kapsel abzusprechen. Sie können eben nur zur Auf-

stellung einer speciellen Form cuticulärer Kapselbildung, der bisher bekannten gegenüber, berechtigen.

Auch lässt sich nicht verkennen, dass die eigenthümlichen Form- und Grössenverhältnisse der Kapsel frei lebender Nematodenlarven in causaler Abhängigkeit stehen dürften von dem ersterwähnten Umstande, dass hier die Encystirung während des freien Lebens der Larven stattfand, und zwar während sich dieselben theils in breiigen, halbflüssigen, theils in geradezu flüssigen Medien aufhielten, wo sie sich unausgesetzt schlängelig hin und her bewegten und nie die Neigung zeigten, zusammengeballt in Ruhe zu verharren. Unter solchen Umständen konnte die allmälig erstarrende Hautausscheidung nur zu einem nach der Körperform modellirten Ueberzuge führen, auf keine Weise, trotz der wesentlichen Identität des Secrets, zur Bildung eines die zusammengeknäuelte Larve einhüllenden Sackes, wie letzteres der Fall sein muss, wenn die Larve, während der eingeleiteten Cuticularausscheidung, in einem Parenchyme des Pflegethieres eingeschlossen ist, wo sie sich nur mühsam bewegen kann und leicht veranlasst findet sich knäuelförmig zusammenzuballen.

Dass es in der That die flüssige Beschaffenheit des Mediums ist, welche die eigenthümliche Gestaltung der Kapsel unserer freilebenden Larven dadurch bestimmte, dass sie ihre Bewegungen begünstigte, dafür spricht der sehr bemerkenswerthe Umstand, dass die Larven der Filaria sanguinis hominis, wie wir aus den Mittheilungen von **Lewis** und **Cobbold** entnehmen, obgleich parasitisch, jedoch im Blute, also einem flüssigen Medium, sich aufhaltend, eine nach dem fadenförmigen Körper modellirte Cuticular-Umhüllung erhalten, welche wiederum von den genannten Autoren (wie von **Leuckart, Ercolani** und **Bavay**) wie die fadenförmigen Cuticularkapseln freilebender Nematodenlarven verkannt und als Häutungsprodukt aufgefasst wurde.

Zu bemerken ist hierbei, dass die Einkapselungs-Art der oben genannten Filaria offenbar die Mitte einnimmt zwischen der **fadenförmigen** Cuticular-Einkapselung freilebender Nematodenlarven und der **sackförmigen** Cuticular-Einkapselung der Parenchymwürmer, mit der ersteren durch die Flüssigkeit des Mediums und die dadurch

bedingte Form der Kapsel, mit der zweiten darin übereinstimmend, dass sie während des parasitären Lebens stattfindet.

Verhalten der Dochmius- und Anguillula-Larven gegen chemische Reagentien und verschiedene Arzneien.

Die Dochmiuslarven besitzen eine grössere Widerstandsfähigkeit als die Larven der sogenannten Anguillulae. Erstere sind offenbar kräftiger und werden weniger leicht durch die von mir zu therapeutischen und prophylaktischen Zwecken versuchten arzneilichen Substanzen angegriffen. Alle diejenigen chemischen und pharmaceutischen Präparate, welche die Dochmiuslarven tödten, sind auch für die Anguillula-Larven tödtlich.

Concentrirte Kochsalzlösungen tödten diese Organismen um so rascher je höher der Salzgehalt. Anguillula-Larven, die sich im zweiten Entwicklungsstadium befinden, sterben binnen wenigen Minuten in 8—9 procentigen Lösungen; Dochmiuslarven sterben ebenfalls recht bald in 9—10 procentigen Lösungen, wenn sie erst seit kurzem eingekapselt oder unreif sind; sind sie eingekapselt und reif, aber ihre Kapsel noch nicht verkalkt, so sterben sie in 12 procentigen Lösungen binnen fünf oder sechs Minuten; ist dagegen ihre Kapsel bereits verkalkt, so widerstehen sie bis über 24—25′ Lösungen von 15—16 pCt. Kochsalzgehalt.

In 10 procentigen Bromkalium-Lösungen fand ich reife Dochmius-Larven noch nach 30′ lebendig.

In 2 procentigen Sublimat-Lösungen sah ich die Larven im ersten Stadium ihres freien Lebens nach höchstens 14′ sterben; reife Larven dagegen, welche in eine gleiche Lösung gebracht worden waren, waren noch nach 40′ nicht todt.

In 5 procentiger Lösung von Chloral-Hydrat blieben die im ersten und zweiten Stadium befindlichen Larven nach 3 stündlichem Aufenthalte noch lebend.

In Schwefelsäure und in Chlorwasserstoffsäure sterben sie sehr schnell, beinahe plötzlich. In mit 60 pCt. Wasser verdünnter

käuflicher Schwefelsäure sah ich sie binnen 3′ sterben; in 20 procentiger Lösung erfolgte der Tod nach 15—16′.

In einer mir vom Chemiker Dépérais zugeschickten insectentödtenden Flüssigkeit, die auch noch zu anderen Versuchen bestimmt war, starben die Larven in höchstens 1—2′.

In 2 procentiger Carbolsäure-Lösung sterben sie binnen 6—7 Minuten; bei 3 pCt. binnen 3 Minuten, und bei stärkerer Concentration (4—5 pCt.) in noch kürzerem Zeitraume.

In 0,5 procentiger Thymollösung sterben unreife Larven augenblicklich; reife in 8—10 Minuten.

In schwefelsauren Natronlösungen von 1, 2, 3, 4, 5, 6 und 7 pCt. erhalten sich Anguillula-Larven sehr lange am Leben. In 8procentiger alkalisch reagirender Lösung von phosphorsaurem Natron fand ich sie nach 30′ noch lebendig.

In 8 procentiger saurer Lösung von doppelt-schwefelsaurem Kali lebten sie noch nach 35′.

In reinem Glycerin gaben reife Larven nach 25-, 30- und bis über 40 stündigem Aufenthalte noch Lebenszeichen.

In 36 procentigem Aethyl-Alkohol starben die Larven auf verschiedenen Altersstufen binnen 5′.

Da mir ein Arbeiter vom St.-Gotthard erzählt hatte, dass ihm der Genuss von Wein und leichtere Grade des Rausches erhebliche Erleichterung verschafften, so schien es mir von Interesse auch über die Wirkung des Weines auf die Larven Versuche anzustellen. Ich fand nun, dass in Nebiolo und in Barbera (beide Weinsorten rührten von der Provinz Asti her und waren in Flaschen aufbewahrt gewesen) nach drei Viertelstunden die Larven fast alle zugleich ihre Bewegungen einstellten, sich aber bald wieder erholten, sowie die Präparate erwärmt und ungefähr auf die Temperatur des menschlichen Körpers gebracht wurden. Nach einer Stunde waren sie noch alle lebendig; doch obgleich sie sich bewegten, zeigten sie keine Ortsveränderung. Nach etwa 1 Stunde und 20 Minuten hörten die Bewegungen auf und kamen nicht wieder zum Vorschein, obgleich die Temperatur auf 37° C. erhalten wurde.

Reife eingekapselte und künstlich aus den Kapseln befreite Larven, in guten Marsala-Wein (den mir mein verehrter Freund Prof. Bizzozero zu verschaffen die Güte hatte) gebracht, wurden zunächst sehr lebhaft; 20 Minuten später wurden ihre Bewegungen langsamer; nach weiteren 45 Minuten waren dieselben sehr schwach geworden und erfolgten nur von Zeit zu Zeit; doch selbst nach 1 Stunde und 40 Minuten waren noch sämmtliche Larven lebendig. Hier will ich noch bemerken, dass der Versuch in der Weise angestellt wurde, dass ich einen Tropfen der die Larven enthaltenden Flüssigkeit auf den Objectträger brachte und sodann zu wiederholten Malen tropfenweise Marsala-Wein zusetzte. — Bei einem anderen Versuche dagegen wurden Larven vom ersten Tage nach der Einkapselung in einem Uhrglase mit reichlichem Zusatz von Marsala-Wein behandelt; sie begannen dann schon nach 25' abzusterben und waren nach 1 Stunde und 25 Minuten todt.

In santoninsaurem Natron und in einem gesättigten Wurmmoos-(Helminthochorton)-Infus sah ich sie mehr als 6 Stunden am Leben bleiben, ohne irgend ein Afficirtsein zu bekunden.

Ein Wassertropfen, welcher Ankylostomenlarven enthielt, wurde in feuchter Kammer den Dämpfen von Terpentinöl ausgesetzt: nach 6 Stunden waren die Larven noch äusserst lebhaft.

Im Camala-Infus fanden sich die Larven, und zwar auch im ersten Stadium ihrer Entwicklung, nach 20 Stunden noch lebend.

In warm- wie in kaltbereitetem Kousso-Infus erhielten sie sich lebendig und sehr lebhaft über eine Stunde hinaus.

In einem sehr wirksamen, von den Doctoren Haidlen und Voch in Stuttgart erfundenen Bandwurmmittel lebten reife Larven mehr als 40 Minuten.

In gut bereitetem und altem ätherischen Wurmfarn-Extract (Extr. filicis maris æthereum) sterben sie sehr rasch: in weniger als 5 bis 00 Minuten stellen sie vollkommen ihre Bewegungen ein und sind todt.

Vorschläge zur Prophylaxis und Therapie der St.-Gotthard-Krankheit.

Die Kenntniss der Entwicklungsgeschichte der Strongyliden, welche das wesentliche ätiologische Moment der St.-Gotthard-Krankheit abgeben, sowie die Ergebnisse zahlreicher Versuche, die wir an den Larven jener Helminthen mit der Wärme, chemischen Reagentien und verschiedenen Arzneimitteln angestellt, weisen uns nun die geeigneten Mittel an, sowohl zur sicheren Verhütung der Krankheit unter den Arbeitern und anderen Personen, die in der Zukunft bei ähnlichen Arbeiten wie die Durchgrabung des St.-Gotthard, des Mont-Cénis u. dgl. beschäftigt sein sollen, als namentlich auch, was für den Augenblick das Dringendste, zur Behandlung der Erkrankten.

Sollte wieder die Durchgrabung eines grossen Berges, wie z. B. des Mont-Blanc, oder sonst eine ähnliche Arbeit unternommen werden, so dürfte die erste prophylaktische Maassregel in der vorgängigen ärztlichen Untersuchung aller Arbeiter bestehen, um alle diejenigen gänzlich zurückzuweisen (oder nur unter besonderen Bedingungen anzunehmen), die sich von Dochmien oder Anguillulis, sei es auch nur im geringsten Maasse, behaftet erweisen sollten. Durch die strenge Durchführung dieser Vorschrift wird sich die Einschleppung der Keime oder richtiger Eier und Larven der drei Strongyliden-Arten, die in unserem Falle die Hauptursache der Anämie bilden, verhüten lassen. — Da es aber leicht vorkommen kann, dass mancher oder auch mehrere inficirte Arbeiter der noch so streng gehandhabten ärztlichen Untersuchung entgehen, so müssen, um die Zerstreuung der Krankheitskeime zu verhüten, die Darmausleerungen der Arbeiter sorgfältig gesammelt und mit einer jener Substanzen desinficirt werden, die sich nach meinen Untersuchungen als der Entwicklung und dem Fortleben der Eier und Larven feindlich erwiesen haben. Unter den hierzu geeigneten Stoffen will ich nur die billigsten und wirksamsten nennen: wie concentrirte Kochsalzlösungen, Carbolsäurelösungen von mindestens 2 pCt. Gehalt, 20- und mehr procentige H_2SO_4- oder HCl-Lösungen,

und vor allem das Dépérais'sche Wurmmittel, welches vielleicht bestimmt ist, eine ausgedehntere und ökonomische Anwendung bei den uns beschäftigenden Arbeiten zu finden.

Ebenso wie die chemische Desinfection würde jedoch auch das in den ersten 12 Stunden vorgenommene Kochen und Rösten der sorgfältig gesammelten Fäces ein sicheres Mittel abgeben, um die Entwicklung der Krankheitskeime zu verhindern. — Auch wäre es zu diesem Zwecke genügend, wenn bei einem besonderen Tubulations- und Erwärmungssysteme die Auswurfsstoffe nur auf 50° C. oder etwas mehr (aber ja nicht weniger!) erhitzt würden, was den Vortheil gewähren könnte, dass sich die so behandelten Entleerungen ohne alle Gefahr als Dünger verwenden liessen. —

Unter Anwendung solcher Mittel können auch die von Dochmien oder Anguillulis inficirten Arbeiter die Krankheit nicht verbreiten, und würden überdies auch selbst gegen die Gefahr nachträglicher Einfuhr von Helminthenlarven geschützt sein.

Das Trinkwasser und andere Getränke, die im Verdacht ständen, dass sie irgendwie mit Helminthenlarven verunreinigt sein könnten, sollten, um ohne alle Gefahr der Infection genossen werden zu können, auf 55—60° C. erhitzt werden.

Roh oder halbroh genossene Nahrungsmittel (z. B. Salat) sollten immer sorgfältig gewaschen werden, um ihre Unschädlichkeit zu sichern.

Ebenso ist auf sorgfältigste Reinhaltung der Speisegeräthe streng zu sehen.

Bei Behandlung der St.-Gotthard-Kranken sind vor Allem die Kräfte durch leicht verdauliche und möglichst gehaltreiche Kost zu unterhalten und die Assimilation und Blutbildung durch Stimulantia, Tonica und Eisenpräparate zu befördern; gleichzeitig aber muss, zur Erfüllung der Causalindication, für die Tödtung der Helminthen gesorgt werden.

Die Ergebnisse der oben mitgetheilten Versuche setzen uns bereits in die Lage, einige, sonst wirksame Anthelminthica für unseren speciellen Fall abzurathen (santoninsaures Natron, Camala).

Das ätherische Wurmfarn-Extract scheint mir das geeignetste Mittel zur Tödtung der hier in Betracht kommenden Parasiten. Nur soll man nicht glauben, dass eine oder zwei Gaben dieses Präparates zur Befreiung des Darmes von Tausenden oder gar Millionen dieser Schmarotzer, die sich mit dem Chylus und dem Blute nähren, genügen. Die Erfahrung lehrt vielmehr, dass sich dieser Zweck nur durch wiederholte Darreichung des Wurmmittels erreichen lässt. So erklärt es sich, wesshalb die bisher angewandten Mittel nicht den Nutzen gebracht, den man zu erwarten berechtigt war.

Ein blutarmer junger Mann vom St.-Gotthard, der eine enorme Menge Anguillulae, eine ziemliche Menge Dochmien und eine Anzahl Spulwürmer in sich trug, wurde von mir einer Cur mit ätherischem Wurmfarnextract unterworfen. Eine erste Gabe brachte eine sehr wohlthätige Wirkung hervor, indem die Zahl der Anguillulae in den Fäces sofort um sehr vieles abnahm und die Kräfte des Kranken bedeutend gehoben wurden. Darauf reichte ich ihm eine Gabe Santonin (um die Spulwürmer zu entfernen) und am folgenden Tage eine zweite Dosis Wurmfarnextract. Sodann entliess ich den Kranken aufs Land, wo er zu seinen gewohnten Beschäftigungen zurückkehren sollte, und empfahl ihm guten Wein in reichlicher Quantität zu geniessen. — Obwohl er nun auf dem Lande, im Schoosse seiner Familie, keineswegs von Fleischkost zu leben hatte, so theilte er mir doch mit, als er mich 10 Tage später besuchte, dass sein allgemeiner Körperzustand sehr gebessert war, dass er sich nicht mehr so erschöpft fühlte wie zuvor, sondern ohne Mühe herumgehen und sich fleissig seinem Handwerke (als Schuhmacher) widmen könnte. Die Besserung seines allgemeinen Zustandes war in der That an seiner Gesichtsfarbe, die einen röthlichen Anstrich angenommen hatte, zu erkennen. Die Untersuchung der Fäces (bei welcher dasselbe Verfahren eingehalten wurde wie vor der Behandlung) ergab eine sehr beträchtliche Zahlverminderung der Dochmius-Eier und der Anguillula-Larven. Trotzdem verordnete ich ihm noch je zwei Gaben Santonin-Pulver und Wurmfarnextract, welche seine vollständige oder fast vollständige Herstellung zur Folge hatten: wenigstens theilten mir andere, zu mir geschickte

junge Leute, die am St.-Gotthard erkrankt waren, mit, mein Patient erfreue sich in seinem Dorfe eines vollkommenen Wohlbefindens und arbeite rüstig wie vor seiner Krankheit.

Noch entschiedener war der Erfolg der Behandlung in einem neulich in der supplementären Abtheilung der hiesigen med. Klinik von Dr. Bonelli und mir beobachteten Falle. Der oligämische Kranke, der seit einem Monate Airolo verlassen hatte, erwies sich von zahlreichen Dochmien und einer gewissen Anzahl Anguillulae stercorales behaftet. Wir reichten ihm hohe Dosen ätherischen Wurmfarnextractes. Vor dem Beginne der Behandlung fanden sich 44 Dochmiuseier und 6—8 Anguillula-Larven auf je 1 Milligramm Fäces. Die täglich entleerte Menge Fäces betrug circa 200 Gramm, wonach täglich an 8,800,000 Dochmius-Eier und 1,200,000 Anguillula-Larven zur Entleerung kamen. Nach drei Tage lang fortgesetzter Behandlung sank die Zahl der Dochmius-Eier auf 16, die der Anguillula-Larven auf 1—2 per Milligramm. — Nachdem die Darreichung des Wurmfarnextractes noch zwei Tage lang fortgesetzt worden, verschwanden die Anguillula-Larven gänzlich aus den Fäces. Unter dieser Cur, die durch Verordnung von Eisen und Wein unterstützt wurde, hoben sich zugleich die Kräfte des Kranken und besserte sich sein allgemeiner Zustand so sehr, dass er auf sein dringendes Verlangen entlassen werden musste.

Kritischer Rückblick[1]).

Ich sagte höher oben, dass die unter den St.-Gotthard-Arbeitern aufgetretene Krankheit wesentlich eine parasitäre sei, eine Helminthiasis, bedingt durch die Gegenwart dreier Strongyliden-Arten: des Dochmius duodenalis (Dub.) Leuckart, der Anguillula intestinalis Bav. und der A. stercoralis Bav., welche einzeln für sich oder auch alle drei neben einander den Darm der befallenen Individuen bewohnen.

Dass dieses in der That das Wesen der Krankheit sei, das beweisen: 1. die constante Gegenwart zahlreicher Strongyliden im Darme

[1]) Unter Mitwirkung des Dr. Franz Baron Ungern-Sternberg bearbeitet.

der befallenen Subjecte; 2. die wesentliche Uebereinstimmung des Krankheitsbildes der St.-Gotthard-Endemie mit dem der sogen. ägyptischen Chlorose; 3. die progressive Verschlimmerung und der meist lethale Ausgang der sich selbst überlassenen Krankheit, auch nach der Heimkehr der Befallenen vom St.-Gotthard, sowie auf der anderen Seite der temporäre Rücktritt der Krankheitserscheinungen bei kräftiger Diät und einer die Blutbildung befördernden Behandlung, vornehmlich aber die günstige Wirkung einiger Anthelminthica, welche eine rasche und anhaltende Besserung bewirken, ja, wie es scheint, eine vollständige Genesung einleiten.

Ad 1. Dass alle St.-Gotthard-Kranken eine grosse Anzahl Strongyliden in ihrem Darme beherbergen, wird dadurch ausser Zweifel gesetzt, dass sich in allen bisher untersuchten Fällen und zu jeder Zeit n ihren Fäces Eier, resp. Larven, der genannten Helminthen mikroskopisch nachweisen liessen, nach deren Zahl in den einzelnen Präparaten sich die in 24 Stunden zur Entleerung kommende Gesammtmenge dieser Eier oder Larven schon in den leichteren Fällen auf mehr als 4000000 schätzen lässt.

Ad 2. Wie in den von Griesinger und von Billharz beschriebenen Fällen der sogen. „ägyptischen Chlorose", die sich als Helminthiasis und zwar in specie als Dochmiasis herausgestellt hat, ist das Krankheitsbild bei der St.-Gotthardischen Endemie wesentlich das einer allmälig und unaufhaltsam sich steigernden Blutverarmung, bei welcher (wie auch sonst bei reiner Anämie, deren Erscheinungen nicht durch ein zu Grunde liegendes anderweitiges Leiden getrübt sind) lange Zeit hindurch keine Abmagerung bemerkt wird, sondern umgekehrt die Kranken sogar fetter werden, während die Kraftäusserungen des Organismus sinken, die Kranken sich äusserst schwach fühlen, bei der geringsten motorischen Leistung müde werden, vom Herzklopfen befallen werden und ausser Athem gerathen, oft auch ohne alle Veranlassung an diesen und anderen Innervationsstörungen laboriren. — Dieses Krankheitsbild wird durch keinerlei specifische Intoxicationserscheinungen complicirt, wie sie zu erwarten wären, wenn die Einathmung schädlicher Gase bei der Erzeugung der Krankheit eine wesentliche Rolle

spielte: es ist und bleibt das Bild einer exquisit reinen Anämie, wie es eben nur durch wiederholt fortgesetzte Blutverluste bedingt sein kann. Ist daher bei solchen Kranken eine ganz unzweifelhafte Quelle von Wochen und Monate lang fortgesetzten, ununterbrochenen und an sich keineswegs unerheblichen Blutverlusten nachgewiesen — und die unzähligen wenn auch winzigen Strongyliden, welche Leuckart und Cobbold sehr passend mit kleinen Blutegeln vergleichen, stellen erwiesenermaassen eine solche Quelle dar —, so liegt es wohl auf der Hand, dass die Blutverarmung, also das Wesen unserer Krankheit, eben in dieser Quelle ihre Grundursache, ihr wahres und wesentliches ätiologisches Moment haben muss — zumal da keine anderweitige Quelle directer Blutverluste vorliegt. Ja, es ist uns unbegreiflich, wie man unter solchen Umständen die Ursache der Blutverarmung in anderweitigen Verhältnissen kann suchen wollen, wie etwa in der Beimischung deletärer Gase zur Athmungsluft, in der zu hohen Temperatur des Mediums etc., Momenten, deren Einzelwirkungen auf den Organismus keineswegs bekannt sind und von denen es noch nie behauptet, geschweige denn erwiesen worden ist, dass sie **direct**, **einfach** und **constant** Blutverarmung erzeugen, wie dies allerdings von directen Blutentziehungen gilt. — Nur ist es klar, dass Blutentziehungen, abgesehen von der Quantität des entzogenen Blutes, oder, mit anderen Worten, bei gleicher Quantität desselben, in sehr verschiedenem Maasse blutverarmend wirken müssen, je nachdem das Individuum für die Deckung dieser Blutverluste mehr oder minder günstig gestellt ist: und in diesem Sinne müssen die allgemeinen hygieinischen Bedingungen (Beschaffenheit der Kost, der Luft, Temperatur des Mediums, Stoffverbrauch im Verhältniss zur mechanischen Leistung etc.), sowie auch die individuelle Anlage der einzelnen Kranken, allerdings als einflussreiche Momente mit in Betracht gezogen werden. So wird es vollkommen erklärlich, wenn am St.-Gotthard-Tunnel mancher Ingenieur oder Aufseher, wenn er an sich kräftig gebaut ist, dazu eine kräftige, proteïnreiche Kost in überschüssigem Maasse geniesst, vielleicht auch von Genussmitteln, die wie Alcohol, Kaffeïn den Stoffumsatz hemmen, Gebrauch macht, nicht sehr anstrengend arbeitet und sich nur auf kurze Zeit und in längeren

Pausen den ungünstigen Luft- und Temperaturverhältnissen des Tunnels aussetzt, wohl eine ziemliche Anzahl der „kleinen Blutegel" im Darme beherbergen kann, ohne deswegen blutarm zu werden, ja dadurch vielleicht eben nur vor einer Plethora oder Hyperalbuminose geschützt wird; und ebenso begreiflich ist es, wenn ein Arbeiter, der in jeder Beziehung sich unter umgekehrten Verhältnissen befindet, auch bei einer viel kleineren Anzahl der blutsaugenden Schmarotzer bald an Blut bankerott wird. — Wo die hygieinischen Verhältnisse, unter welchen sich das Individuum befindet, so wesentlich die Wirksamkeit eines ätiologischen Momentes bestimmen und bald aufs höchste zu potenziren, bald auf Null herabzusetzen vermögen, da ist es allerdings begreiflich, dass oberflächliche Beobachter in jenen modificirenden Verhältnissen die **wahre** und **hauptsächliche** krankmachende Potenz erblicken, das wesentliche ätiologische Moment aber kaum des Namens einer „**Mitursache**" würdigen. Doch weil sich reinliche Personen ohne Gefahr dem wiederholten Contacte mit Krätzigen aussetzen können ohne sich Krätze zuzuziehen, während Unsaubere oft nach einer einzigen Berührung dem Sarcoptes Zugang zu ihrer Epidermis verschaffen, wird man deswegen die Unsauberkeit das **wahre** und **hauptsächliche** ätiologische Moment der Krätze, die Krätzmilbe aber nur eine bescheidene **Mitursache** nennen?

Ad 3. Bestände übrigens die Ursache der Krankheit in der schlechten Beschaffenheit der Athmungsluft und der zu hohen Temperatur des Mediums, worin sich die Arbeiter mehrere Stunden täglich aufhalten, so müssten sie genesen, sobald sie diesen schädlichen Einflüssen entzogen würden und sich an gesunde, luftige Orte begäben — vorausgesetzt, dass sich inzwischen kein schweres organisches Leiden entwickelt hat, welches letztere, den bisher vorliegenden Leichenbefunden zufolge, bei den St.-Gotthard-Kranken nicht der Fall ist. Nun zeigt sich im Gegentheil, dass junge Leute von 20 bis 30 Jahren, von kräftigem Knochen- und Muskelbau, die, am St.-Gotthard-Tunnel erkrankt, jenen Ort verlassen mussten und sich in ihre Heimath zurückbegaben, statt sich allmälig zu erholen, im Verlaufe von 7 bis 8 Monaten immer tiefer in ihr Siechthum versanken, dem auch manche von ihnen unter-

lagen. Bei Abhandensein eines organischen Leidens (das auch nach Entrückung des Kranken von den schädlichen Einflüssen, einmal eingeleitet, seinen Fortgang nehmen könnte) und unter äusseren Bedingungen, die doch an sich keineswegs schädlich genannt werden konnten — da ja die nämlichen Leute früher unter diesen Bedingungen gesund gelebt hatten — erklärt sich diese progressive Verschlimmerung nur dadurch ungezwungen, dass die wahre Krankheitsursache, die sich jene Leute vom St.-Gotthard hergeholt, an ihnen selbst haftete und fortwirkte: und als solches fortwirkendes und an den Kranken selbst haftendes ätiologisches Moment, was finden wir sonst, als die notorisch bei ihnen nachweisbaren blutsaugenden Parasiten? und was bedarf es auch Anderes? — Andere Kranke dagegen, welche einer ihrem Zustande besonders angemessenen, leicht verdaulichen, albuminatenreichen und reichlichen Kost, meist durch Ferruginosa und Tonica unterstützt, unterworfen wurden, sah man sich öfters allmälig erholen: während bei den ersteren die für normale Verhältnisse genügende Kost offenbar nicht ausreichte, neben den Bedürfnissen des Stoffwechsels auch die täglichen Blutverluste zu decken, war bei den Anderen durch die geeignete Wahl und reichliche Zufuhr der Nahrungsstoffe eine solche Deckung möglich gemacht. — Wenn aber in diesem letzteren Falle der Kranke wieder zu der gewöhnlichen Kost zurückkehrt, während die Parasiten noch nicht alle oder doch zum grössten Theile gestorben sind, so muss er wieder in Anämie verfallen. —

Die Thatsache aber, dass sich die Kranken viel rascher besserten und anscheinend auch vollständig genasen, wenn ihnen geeignete Wurmmittel gereicht wurden, genügt an und für sich, allen Zweifel über das parasitäre Wesen der Krankheit zu heben.

Bei alle dem wollen wir keineswegs in Abrede stellen, dass am St.-Gotthard auch anderweitige krankmachende Einflüsse sich zu der Helminthiasis hinzugesellen und den Zustand der Kranken erschweren mögen, sowie es ebenfalls selbstverständlich ist, dass auch dort Fälle von Anämie vorkommen können, die ausschliesslich oder hauptsächlich auf anderen Ursachen als dem Parasitismus beruhen.

Damit haben wir unseren Standpunkt in der Frage von der St.-Gott-

hard-Krankheit vollständig entwickelt und motivirt, und erübrigt uns nur einige Zweifel zu erwähnen und zu widerlegen, die in Betreff der parasitären Natur jenes Leidens geäussert worden sind.

So heben die Professoren Bozzolo und Pagliani in einer neulich veröffentlichten Schrift[1]) den Umstand hervor, dass bei manchen St.-Gotthard-Kranken die Zahl der Parasiten offenbar zu klein sei, um den Grad der Anämie zu erklären, da sich nur 2, 4, 8 bis höchstens 10 Eier in jedem mikroskopischen Präparat vorfanden. — Nun waren die Präparate äusserst dünn und durchsichtig, so dass nach unserer Berechnung von 1 Cub.-Mm. Fäcalsubstanz wenigstens 10 derartige Präparate hergestellt werden könnten. Nehmen wir also auch an, die Präparate hätten sämmtlich die kleinste angegebene Zahl Eier enthalten, so hätten wir 20 000 Eier auf jedes Gramm Fäces. Und gesetzt, der Kranke entleere täglich nur 200 Gramm Fäces, hätte man schon 4000000 Eier, die täglich zur Entleerung kämen, eine Zahl, die uns nicht so ganz klein scheint, zumal wenn wir berücksichtigen, dass bei der Zählung der mit der Schale versehenen oder der Reife nahen Eier an einer ziemlichen Anzahl zerzupfter Weibchen, wir nie mehr als 300 bei jedem derselben vorfanden.

Ein grosses Gewicht messen die Autoren auch dem Umstande bei, dass sie bei der Autopsie eines verstorbenen St.-Gotthard-Arbeiters nur 77 Dochmien im Darme vorgefunden haben, obgleich in den Fäces 8—10 Eier auf jedes mikroskopische Präparat vorkamen. Diese Thatsache verliert jeden Werth nach meinen Untersuchungen über die Anguillula instestinalis, abgesehen davon, dass die von den Verfassern selbst flüchtig berührte Möglichkeit keineswegs ausgeschlossen werden kann, dass der Mann vorher viele Dochmien enthalten haben mochte, die zum grossen Theile während der letzten Perioden seiner Krankheit abstarben, während die Anämie jenen äussersten Grad erreicht hatte, der keinen Ausgleich mehr zulässt. Auch konnte anderseits jener Mann sehr wohl aus einer anderen Ursache anämisch werden und sterben, ohne dass wir darin die geringste Veranlassung erblick-

[1]) Bozzolo e Pagliani: L'anemia del Gottardo. Milano, 1880.

ten, unsere Ansicht über den der St.-Gotthard-Anämie zu Grunde liegenden Parasitismus irgend wie zu ändern.

Es seien zum Schluss zwei auf meine helminthologischen Untersuchungen bezügliche Aeusserungen, die wir in der angeführten Schrift von Bozzolo und Pagliani vorfinden, erwähnt und berichtigt.

Sie sagen in einer Anmerkung auf S. 38: „nach den neuesten „Untersuchungen Perroncito's umgeben sich die Larven (des Doch„mius), gleich nach ihrem Austritte aus der Schale, mit einer „Kapsel" u. s. w. — Nun habe ich nie gesagt, dass die Einkapselung gleich nach dem Ausschlüpfen der Larven aus dem Eie stattfinde (s. oben den embryologischen Theil der vorliegenden Arbeit).

Auf S. 73 ferner äussern die Verfasser (mit Bezug auf die specifische Verschiedenheit der Larvenformen, die bei meinen Züchtungsversuchen aus den in den Fäces der St.-Gotthard-Kranken enthaltenen Eiern zur Entwicklung kamen) den Wunsch, von dem distinto professore Das zu erhalten, „was sie bisher von ihm nicht hätten erhalten können, nämlich die Demonstration seiner Angaben". — Fürwahr, ich weiss nicht, was mir noch in dieser Hinsicht zu demonstriren übrig bleibt, nach dem, was ich vor der Medicinischen Akademie zu Turin (in Gegenwart des Prof. Bozzolo), vor der Academia dei Lincei zu Rom und im pathologischen Institute der römischen Universität (bei einem daselbst auf Aufforderung des Prof. Tommasi-Crudeli gehaltenen Vortrage) bereits demonstrirt habe.

Uebrigens kann Jedermann, der das von mir angegebene Züchtungsverfahren einhält, sich selbst alle gewünschte Demonstration in dieser Hinsicht verschaffen, und stehen anderseits meine Präparate Allen, die sich darüber des Näheren belehren wollen, jederzeit zu Gebote.

Beschreibung der Abbildungen.

Fig. 1. Ei vom Dochmius duodenalis vor der Furchung.
„ 2. „ „ „ „ bei vollendeter Furchung.
„ 3. „ „ „ „ mit dem bereits entwickelten Embryo.

Fig. 4. Larve des Dochmius duodenalis im ersten Entwicklungsstadium.
„ 5. „ „ „ „ in der Einkapselung begriffen. — Der Pharynx erscheint darin bereits umgestaltet.
„ 6. Larve des Dochmius duodenalis eingekapselt.
„ 7. „ „ „ „ mit verkalkter Kapsel.
„ 8. „ „ „ „ reif, durch die Manipulationen am Präparate aus der Kapsel befreit. Nach der Sprengung der verkalkten Kapsel trat daraus die sehr lebhafte Larve hervor, fähig sich im Darme des Menschen zum vollkommenen Helminthen umzugestalten.
„ 9. Larve der Anguillula intestinalis gleich nach der Geburt.
„ 10. „ „ „ „ mit verkalkter Kapsel.
„ 11, 12. 13. Formen des Schwanzendes bei eingekapselten Larven von Anguillula intestinalis.
„ 14. Larve von Anguillula stercoralis.

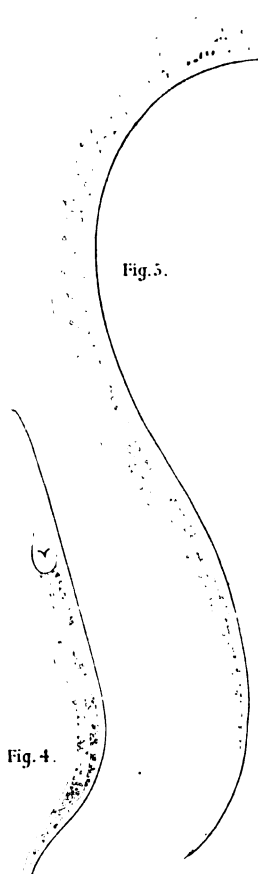


Fig. 5.

Fig. 1.

Fig. 4.

Fig. 2.

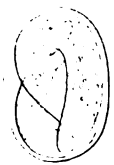


Fig. 3.

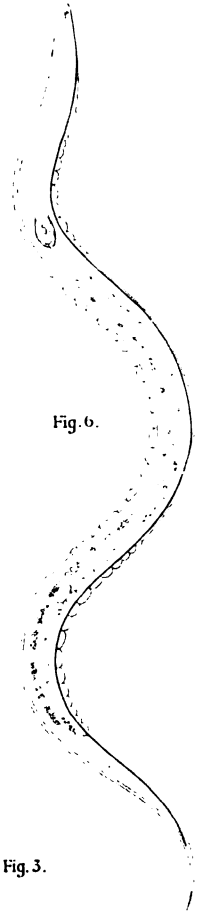


Fig. 6.

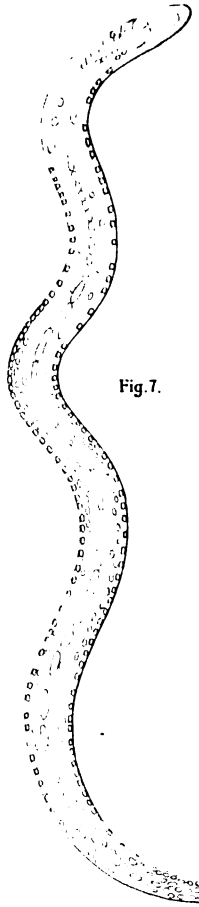


Fig. 7.

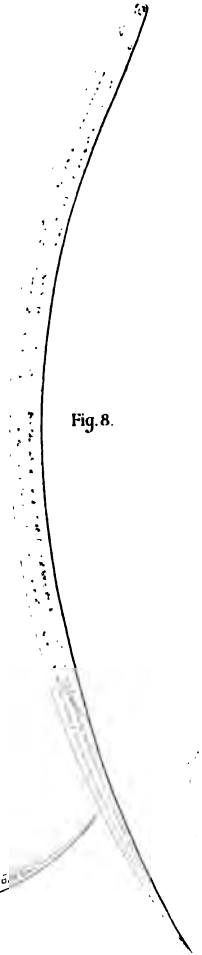


Fig. 8.

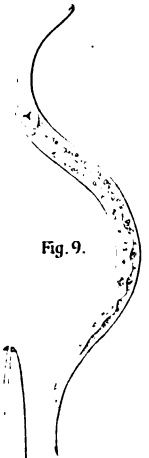


Fig. 9.

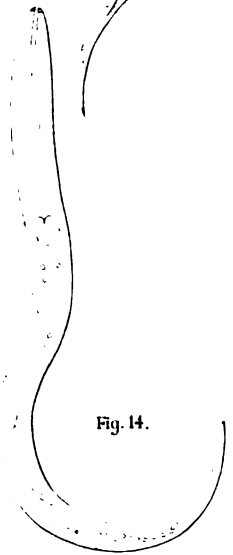


Fig. 14.

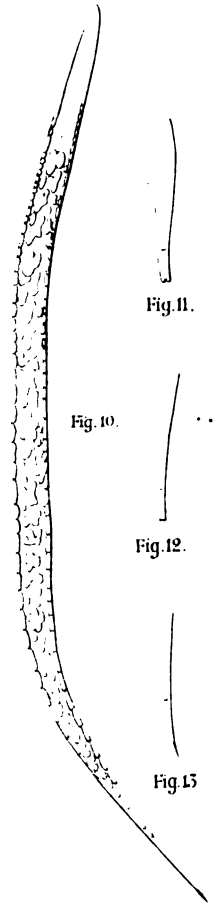


Fig. 10.

Fig. 11.

Fig. 12.

Fig. 13.

Verlag v. Emil Roth in Giessen. Untersuchungen zur Naturlehre v. Jac. Moleschott XII. Band. Druck v. Werner & Winter Frankfurt M.

XX.

Ueber den Einfluss der Alkaloide des Opiums auf den Chemismus der Athmung.

Experimentalstudien an homöothermischen Thieren.

Von

S. Fubini in Turin.

Die Eigenschaften einiger bis dahin wenig untersuchter Opium-Alkaloide wurden von Claude Bernard in seiner Arbeit über die Anästhetica bekannt gemacht; doch zum Schlusse gleichsam seiner zahlreichen Untersuchungen, und mit jenem offenen Rechtssinne, der den grossen Physiologen auch in seinem wissenschaftlichen Wirkungskreise kennzeichnete, schrieb er diese Worte [1]): „il faut reprendre méthodiquement et analytiquement l'étude de chaque alcaloïde de l'opium avec les moyens que la physiologie expérimentale met à notre disposition".

„Il faut avant d'aborder le mécanisme de l'action intime de chacune de ces substances déterminer leurs effets sur la digestion, la circulation, les sécrétions, les excrétions."

Unter den zahlreichen Lücken, die in den Studien über die Opiumalkaloide noch immer unausgefüllt geblieben sind, ist insbesondere der Mangel an Beobachtungen über den Einfluss dieser Substanzen

[1]) Claude Bernard: Leçons sur les anesthétiques et sur l'asphyxie. 1876, p. 515—517.

auf die Vorgänge des thierischen Stoffwechsels namhaft zu machen, denn es liegen bisher in dieser Richtung, bis auf einige spärliche Angaben über das Morphium, durchaus keine Erfahrungen vor.

Und doch wäre eine genauere Kenntniss der Aenderungen, die der Stoffwechsel unter dem Einflusse der Opiumbestandtheile erfährt, gewiss von nicht geringem praktischem Interesse für den Therapeuten, der hierdurch — um nur ein Beispiel anzuführen — ein massgebenderes Urtheil darüber gewinnen würde, ob wirklich den genannten Stoffen, wie einige Kliniker nach Pfeufer's Vorgange annehmen, das Vermögen zukomme, der Corruption des Organismus bei der Lungenschwindsucht Einhalt zu thun.

Einige Aerzte haben in dem Opium auch einen mächtigen Modificator der Zuckerharnruhr erblicken wollen; und es sind allerdings die Beobachtungen bemerkenswerth, welche in dieser Hinsicht von Kratschmer[1]) in Ducheck's Klinik zu Wien an einem 19jährigen Diabetiker gesammelt worden sind.

Dem Patienten (der übrigens auf Fleisch-Kost gehalten wurde) verabfolgte man ein Opiumextract, welches 13,76 pCt. Morphium enthielt. So lange man bei kleinen Gaben des Opiates blieb, erhielt sich der Zuckergehalt des Harnes unverändert; als man aber auf die Tages-Dosis von 1200 Milligramm Opiumextract angestiegen war, enthielt der Harn keinen Zucker mehr. Wurde die Darreichung des Extractes ausgesetzt, so wurde der Harn wieder zuckerhaltig. — Es gelang überdies dem Verf. der Nachweiss, dass unter den Bestandtheilen des Präparates es eben das Morphium war, dem der hemmende Einfluss auf die Zuckerausscheidung durch den Harn zukam.

Nothnagel und Rossbach[2]) geben an, die Abmagerung und der Kräfteverlust bei chronischer Morphiumvergiftung seien vielmehr dem Verluste des Appetits und der ungenügenden Nahrungsaufnahme als etwa einem beschleunigten Stoffverbrauch in den Geweben des Körpers zuzuschreiben.

---

[1]) Kratschmer. Ueber den Einfluss des Opiums und Morphiums bei Diabetes mellitus. Wiener medizin. Wochenschrift. 1871, A, 8.

[2]) Nothnagel und Rossbach, Handbuch der Arzneimittellehre. 1878, S. 260.

Doch wollen wir zu einer klaren Auffassung des therapeutischen Werthes der wichtigsten Opium-Alkaloide gelangen, so muss erst genau festgestellt werden, ob und in wie weit dieselben fördernd oder hemmend auf den Stoffumsatz im Organismus einzuwirken vermögen.

Unsere Untersuchungen beziehen sich auf Morphium, Codein, Narcein, Narcotin, Papaverin und Thebain, und zwar auf die salzsauren Salze dieser Alkaloide.

Vor ihrer Anwendung haben wir uns erst, an der Hand der von den geschätztesten Autoren angegebenen Reactionen, von der Aechtheit und Reinheit der betreffenden Stoffe versichert.

Das Morphium, das Codein, das Narcein und das Narcotin waren aus der Merck'schen Fabrik bezogen; das Papaverin und das Thebain wurden mir freundlichst von Prof. Guareschi, Director des pharmaceutisch-chemischen Laboratiums an der hiesigen Universität, zugestellt.

Die Versuche wurden an homöothermischen Thieren verschiedener Klassen, Säugethieren und Vögeln, angestellt, und waren unsere Forschungen auf die Ermittelung des Einflusses gerichtet, welchen die obgenannten Alkaloide auf die Kohlensäure-Exhalation bei Hunden, Kaninchen, weissen Wanderratten (Mus decumanus) und Tauben ausüben.

Die geprüften Stoffe wurden dem Organismus auf subcutanem Wege einverleibt: ein Verfahren, welches den Vortheil einer regelmässigen Resorption gewährt und besser vergleichbare Resultate liefert.

Um die Fehlerquelle zu vermeiden, welche aus der Gewöhnung des Organismus an die Wirkung der einzelnen Alkaloide hervorgehen könnte, pflegten wir den nämlichen Stoff nicht tagtäglich ein und demselben Thiere einzuverleiben.

Im Uebrigen wichen wir nicht wesentlich von dem Verfahren ab, das wir mit unserem hochverehrten Lehrer Prof. Moleschott bei unseren Studien über den Einfluss des gemischten und farbigen Lichtes auf die Kohlensäure-Exhalation in Anwendung gebracht hatten [1]).

---

[1]) Jac. Moleschott e S. Fubini. Sull' influenza della luce mista e cromatica nell' esalazione di acido carbonico per l'organismo animale. Torino, 1879; deutsch im vorliegenden Bande dieser Untersuchungen, S. 286 und folg.

Das Thier wird unter eine Glasglocke **F** (Fig. 1) gebracht, die mit ihrem abgeschliffenen Rande auf einer ebenfalls geschliffenen breiten Glasplatte ruht.

Ein Fettgemisch (10 Th. Talg, 10 Th. Schweinefett, 2 Th. Wachs zusammengeschmolzen und darauf erkaltet) sichert die genauere Anschmiegung des unteren Randes der Glasglocke an die stützende Glasplatte.

Der Rauminhalt der Glocke wechselte selbstverständlich nach der Grösse des Versuchsthieres: für ein Meerschweinchen oder für eine Wanderratte betrug er über 5 Liter, für ein Kaninchen oder eine Taube 12 Liter, für einen kleinen Hund 12 Liter.

An der tubulirten Glocke ist oben ein Pfropf angebracht, durch dessen Achse ein in den Hohlraum der Glocke eintauchendes Thermometer und seitlich zwei Glasröhren durchgesteckt sind, deren eine bis auf den Boden der Glocke reicht und in ihrem Verlaufe mit kreisrunden Löchern versehen ist, die andere aber nur um Weniges den unteren Rand des Pfropfes überragt.

Durch die längere Röhre strömt die Luft in die Glocke ein, nachdem sie vorher durch eine, die Bruchtheile von 1 Liter messende, Gasuhr **B** (von Riedinger in Augsburg angefertigt), sodann durch eine mit concentrirter Kalilösung gefüllte Woulff'sche Flasche **D** und durch eine mit Chlorcalcium-Stückchen angefüllte Dumas'sche Eprouvette **E** gegangen ist.

Bei ihrem Eintritte in die Glocke, worin das Thier sich befindet, ist also die Luft von Kohlensäure und Wasserdämpfen befreit.

Aus der Glocke strömt sie unter dem Zuge eines Pumpwerkes (s. unten) durch ein anderweitiges Röhrensystem hinaus, wo sie zunächst abermals von den Wasserdämpfen befreit wird und sodann ihren Kohlensäuregehalt abgiebt. Zu ersterem Zwecke dienen zwei U-förmige Glasröhren (**G**, **H**), voll weisser, mit Schwefelsäure benetzter Glasperlen. Die Abgabe der Kohlensäure geschieht in den weiter folgenden drei Marchand'schen U-förmigen Röhren (**J**, **L**, **M**), welche täglich erneuert werden und deren erste mit vorgängig erhitztem Natronkalk, die beiden anderen mit Aetzkali-Stückchen angefüllt sind.

Von diesen zur Zurückhaltung der Kohlensäure dienenden drei Marchand'schen Röhren wurden nur die zwei ersten zusammen gewogen; die dritte, die eigentlich nur als Sicherheitsrohr diente, wogen wir für sich allein.

In diesen Gewichsbestimmungen bedienten wir uns einer für $^1/_{10}$ Milligramm empfindlichen Wage. Die Marchand'schen Röhren wurden vor und nach den Versuchen gewogen, und liess sich auf solche Weise die von den Thieren ausgeschiedene Kohlensäure-Menge leicht und genau bestimmen.

Die Aspiration der Luft wird durch eine Bunsen'sche Luftwasserpumpe (O) bewerkstelligt, die durch den Wasserstrom der Trinkwasserleitung in Thätigkeit gesetzt wird.

Zwischen dieser Pumpe und der letzten mit Aetzkali gefüllten U-förmigen Röhre ist eine zur Hälfte mit concentrirter Schwefelsäure angefüllte Woulff'sche Flasche M eingeschaltet.

Der in der Nähe der Pumpe befindliche Hahn P wurde bei den vergleichenden Versuchsreihen stets in gleicher Weise offen gehalten, so dass durch den Behälter F, worin das Thier eingeschlossen war, in der Zeiteinheit (wie es die Gasuhr genau anzeigte) eine stets gleiche Luftmenge strömte.

Die Versuche wurden auf einem dem diffusen Tageslichte ausgesetzten Tisch angestellt, während der Zutritt directer Sonnenstrahlen vermieden wurde.

Die Temperatur des Versuchsraumes bot während der ganzen Dauer der vergleichenden Versuche keine erheblichen Schwankungen dar, so dass die beiden Factoren, Licht und Wärme, die die Menge der vom Thiere ausgeschiedenen Kohlensäure wesentlich zu beeinflussen vermögen, sich ziemlich unverändert erhielten.

Auch wurde jedes Thier während der ganzen Dauer der an ihm angestellten Versuche auf gleicher Kost gehalten. Die Hunde pflegten wir mit Brod und Milch, die Kaninchen und Meerschweinchen mit Brod und Kohl, die Wanderratten mit Brod und Käse, die Tauben mit Hirse zu füttern.

Jeder Versuch dauerte etwa zwei Stunden.

Die erhaltenen Werthe wurden später auf 100 Gramm Thier und 24 Stunden Zeit umgerechnet.

Zu den Momenten, die bei pharmacologischen Versuchen besondere Beachtung erheischen, gehört die genaue Feststellung der Dosis, in welcher man die zu prüfenden Stoffe anwenden will, da ja ein und derselbe Stoff, je nach der Gabe, eine durchaus verschiedene physiotherapeutische Wirkung ausüben kann.

Bei unseren Versuchen mit Opium-Alkaloiden hatten wir uns vorgenommen, relativ kleine Dosen zu injiciren, deren Höhe übrigens für jede Versuchsreihe genau angegeben werden soll.

Morphium.

Morphiumsalze werden von Thieren verschiedener Klassen in sehr verschiedenem Maasse ertragen, wovon man sich leicht auf dem Wege des Versuches überzeugen kann, wenn man z. B. das Verhalten des Frosches gegen diese Stoffe mit dem der Hunde, Kaninchen, Meerschweinchen und Katzen vergleicht. Frösche ertragen nämlich, im Verhältniss zu ihrer Körpergrösse, so hohe Dosen Morphium, dass man ihnen beinahe eine völlige Unempfindlichkeit für die Wirkung dieses Alkaloids zuschreiben könnte.

Werfen wir nun einen Blick auf die bisherigen Studien über die physio-therapeutischen Wirkungen des Morphiums, so begegnen wir zunächst einer Arbeit von v. Boeck[1]), welche den Einfluss dieses und einiger anderen Arzneimittel auf die Zersetzung des Eiweisses zum Gegenstande hat.

Er stellte seine Untersuchungen an einem Hunde an, welchem er mit dem Futter ein Decigramm Morphium einzugeben pflegte. Die in Harn und Fäces enthaltene Stickstoffmenge wurde jedesmal vor der Darreichung des Morphiums, sodann während der Zeit, wo sich das Thier unter dem Einflusse dieses Stoffes befand, und endlich noch nach dem Aufhören der Morphiumwirkung bestimmt. — Das Ergebniss

[1]) Hermann v. Boeck, Untersuchungen über die Zersetzung des Eiweisses unter dem Einflusse von Morphium, Chinin und arseniger Säure. Zeitschrift für Biologie, VII. Bd., 1871, S. 418—432.

lautet dahin, dass der Gebrauch von Morphium nur um ein sehr geringes die Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanzen vermindert[1]).

Bezold und Gscheidlen[2]) fanden, dass das Morphium die Athemfrequenz herabsetzt, und aus den Versuchen Leichtenstern's[3]) wissen wir, dass der Einfluss des Morphiums auf den Mechanismus der Athmung kein geringer zu nennen ist, indem hierdurch sowohl die Frequenz als auch die Tiefe der Athemzüge verringert wird.

Leichtenstern stellte seine Untersuchungen an einem Kaninchen von mittlerer Grösse an, welchem er unter die Haut des Bauches $^1/_2$ Gran essigsauren Morphiums injicirte.

In folgender Tafel stellen wir die Mittelwerthe zusammen, die wir aus den von diesem Beobachter gewonnenen Zahlen berechnet haben[4]):

		Zahl der Athemzüge in 1'.	Athemgrösse in 5' in Kbcm.	Volum eines Athemzugs in Kbcm.
Vor	der Morphiuminjection	41,2	2612	12,4
Nach		23	1111	9,4

Diese Zahlen zeigen aufs Augenscheinlichste, dass das Morphium beim Kaninchen die Athemfrequenz, die Tiefe der Athemzüge und die Menge der Athmungsluft herabsetzt.

Was nun insbesondere den Einfluss des Morphiums auf den Chemismus der Athmung anlangt, so ist uns über diesen Gegenstand nur eine einzige Arbeit bekannt, nämlich die von Bocck und Bauer.

Diese zwei Forscher stellten ihre Untersuchungen an einer Katze und an einem Hunde an. — Wir stellen tabellarisch die von uns

[1]) A. a. O., S. 422.

[2]) Bezold und Gscheidlen, Ueber die physiologischen Wirkungen des essigsauren Morphiums. Würzburger physiologische Untersuchungen, Heft III, 1868.

[3]) Otto Leichtenstern. Versuche über das Volumen der unter verschiedenen Umständen ausgeathmeten Luft. Zeitschrift für Biologie, VII. Band, 1871.

[4]) A. a. O., S. 221, 222.

auf 24 Stunden Versuchszeit berechneten Mittelwerthe, die sich aus ihren Versuchen ergeben, zusammen. Leider können wir diese Werthe nicht auf die Gewichtseinheit des Thierkörpers umrechnen, da die Verfasser in ihrer Arbeit [1]) das absolute Gewicht der Thiere, an denen sie experimentirten, nicht angegeben haben.

			Mittelwerthe, auf 24 Stunden berechnet.		
			H_2O	CO_2	O
Katze	ohne	Morphium	46	68,12	70,2
	mit		76,8	97	79,6
Hund	ohne	Morphium	63	80	86,4
	mit		25,2	58,6	56,8.

Aus diesen beiden Versuchsreihen ersehen wir, dass der Einfluss des Morphiums auf den Gasaustausch bei der Katze und beim Hunde ein diametral entgegengesetzter gewesen ist, indem das Morphium bei der Katze eine Zunahme der Wasser- und Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme bewirkte, beim Hunde dagegen eine Herabsetzung dieser sämmtlichen drei Factoren. Damit ist ein neuer Beweis dafür geliefert, dass die vergleichenden Studien erst auf mehrere Thierklassen ausgedehnt werden müssen, bevor man einen allgemeinen Schluss über die physiotherapeutische Wirkung eines bestimmten Stoffes ziehen darf.

Diesem Grundsatze gemäss dehnten wir unsere Untersuchungen unter den homöothermischen Thieren auf verschiedene Ordnungen aus, indem wir Hunde, Kaninchen, Meerschweinchen, weisse Wanderratten und Tauben in den Kreis unserer Versuche zogen.

Hunden, Kaninchen und Tauben injicirten wir subcutan 0,01 Gramm chlorwasserstoffsaures Morphium, Meerschweinchen und Wanderratten dagegen nur 0,005.

---

[1]) Boeck und Bauer, Ueber den Einfluss einiger Arzneimittel auf den Gasaustausch bei Thieren. Zeitschrift für Biologie, X. Band, 1874, S. 340, 341.

Tafel I.

Hund. — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Morphiums.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	2200	13,5	2,4718	14	1,2510	13,5	1,348	14	0,682
II	1853	12	2,6784	12	1,5436	12	1,735	12	1,000
III	1870	12	3,1912	13	2,1676	12	2,048	13	1,391
IV	1843	12	3,2263	12	0,8209	12	2,101	12	0,534
V	1864	11	2,0472	12	1,1234	11	1,318	12	0,723
VI	1900	13,5	3,5322	13,5	2,5468	13,5	2,231	13,5	1,609
VII	1840	12	5,0320	12	1,7824	12	3,282	12	1,162
VIII	2050	13	4,2528	13,5	2,2820	13	2,489	13,5	1,336
				Mittelwerthe		12,4	2,069	12,7	1,054

Tafel II.

Kaninchen — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Morphiums.

I	1343	14	2,2360	14	0,8165	14	1,998	14	0,730
II	1376	15	2,0135	15	1,8148	15	1,756	15	1,582
III	1350	18	2,1811	17	1,1153	18	1,939	17	0,991
IV	1426	11	2,4179	11	1,0380	11	2,035	11	0,873
V	1500	11	2,4729	11	0,6938	11	1,978	11	0,555
VI	1430	14	2,0055	14	1,0840	14	1,683	14	0,910
VII	1554	12	1,2742	12	0,7493	12	0,984	12	0,579
VIII	1400	12	2,4708	12	1,7562	12	2,118	12	1,505
				Mittelwerthe		13	1,811	13	0,966

Das Morphium bewirkt danach bei Hunden und Kaninchen eine ziemlich beträchtliche Verminderung der Kohlensäure-Exhalation, und wollen wir hier daran erinnern, dass bereits Bernard den Hund als eines der für die Wirkung des Morphiums empfindlichsten Thiere bezeichnet hat.

Auch beim Meerschweinchen wird unter dem Einflusse des Morphiums eine starke Abnahme der Kohlensäure-Ausscheidung beobachtet; bei der Wanderratte dagegen bringt die Injection von Morphium eine entgegengesetzte Wirkung, nämlich eine Zunahme der Kohlensäureproduction hervor. — In dieser Hinsicht schliesst sich die Wanderratte an die Katze an, bei welcher Boeck's und Bauer's Versuche ein ähnliches Verhalten nachgewiesen haben.

Bei der Taube erleidet der Chemismus der Respiration keine Aenderung durch den Einfluss des Morphiums, was einen neuen Beweis dafür liefert, dass unter allen homöothermischen Thieren die Vögel als die gegen Morphium am wenigsten empfindlichen angesehen werden können [1]). In der That ertragen Tauben und Hühner, fast ohne irgend Vergiftungserscheinungen darzubieten, Morphium in Mengen, die einen erwachsenen Mann tödten könnten.

Codein.

Es fehlt bisher an Beobachtungen zur Beleuchtung des Einflusses des Codeins auf den Umsatz sowohl der stickstoffhaltigen als der stickstofflosen Substanzen, und wir müssen uns daher lediglich auf die Mittheilung der von uns an Hunden, Kaninchen, Meerschweinchen, Wanderratten und Tauben angestellten Versuchsreihe beschränken.

Fünf Centigramm Codein bewirken den Schlaf bei einem Hunde mittlerer Grösse. Bei unseren Versuchen injicirten wir subcutan bei Hunden nur 1 Centigramm in Wasser gelösten chlorwasserstoffsauren Codeins.

Eine gleiche Menge injicirten wir auch bei Kaninchen und Tau-

[1]) S. Weir-Mitchell im Amer. Journal of Medicine, H. 37, 1869, und Husemann: Die Pflanzenstoffe in chemischer, physiologischer, pharmakologischer und toxikologischer Hinsicht. S. 129, 1871.

ben, während den Meerschweinchen und Wanderratten nur die Hälfte dieser Gabe (und zwar ebenfalls auf subcutanem Wege) zugeführt wurde.

Tafel VII.

Hund — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Codeins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	2065	12	2,4682	14	4,5500	12	1,434	14	2,644
II	1865	11	3,2966	11	2,6000	11	2,121	11	1,673
III	1830	11	3,1334	12	1,9242	11	2,055	12	1,262
IV	1583	12	3,9266	13	3,1842	12	2,977	13	2,414
V	1825	11	2,3030	11	1,8058	11	1,514	11	1,187
VI	2112	13	4,0108	14	3,6302	13	2,279	14	2,063
VII	1972	12	3,5974	12	3,0940	12	2,189	12	1,883
VIII	1755	10	5,8720	11	3,9636	10	4,015	11	2,710
					Mittelwerthe	11,5	2,323	12,2	1,979

Tafel VIII.

Kaninchen — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Codeins.

I	1445	13	1,9617	13	1,3235	13	1,629	13	1,099
II	1425	12	1,2536	16	1,2718	12	1,056	16	1,071
III	1463	10	2,1327	12	1,3762	10	1,749	12	1,129
IV	1450	15	1,4350	14	1,4396	15	1,188	14	1,191
V	1417	12	1,7230	12	1,3484	12	1,459	12	1,142
VI	1334	12	2,8320	12	1,2330	12	2,548	12	1,109
VII	1892	10,5	1,3632	10,5	1,1118	10,5	1,175	10,5	0,958
VIII	1462	13	1,2664	13,5	1,2370	13	1,039	13,5	1,015
IX	1440	13	1,5076	14	0,8018	13	1,256	14	0,668
					Mittelwerthe	12,3	1,455	13	1,042

Tafel IX.

Meerschweinchen — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Codeins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	415	12	1,8248	12	1,4920	12	5,277	12	4,314
II	236	14	0,8522	13	0,5468	14	4,333	13	2,780
III	378	16,5	0,9406	16	0,9914	16,5	2,986	16	3,147
IV	365	15,5	0,9568	16	0,7534	15,5	3,146	16	2,477
V	357	14	1,1068	15	0,9426	14	3,720	15	3,168
VI	378	14	0,9372	14	0,9882	14	2,975	14	3,137
VII	354	12	1,1504	12	0,8206	12	3,900	12	2,782
VIII	357	14	0,9362	13	0,8450	14	3,146	13	2,840
IX	410	13	1,0254	13	0,9360	13	3,012	13	2,740
					Mittelwerthe	13,9	3,610	13,8	3,043

Tafel X.

Weisse Wanderratten — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Codeins.

I	161	10	0,5650	10	0,9580	10	4,211	10	7,140
II	170	10	1,362	11	1,1080	10	9,620	11	7,821
III	167	11	0,6420	10	0,7580	11	4,613	10	5,411
IV	160	13	0,6896	13	1,4114	13	5,172	13	10,585
V	175	12	1,0802	12	1,5110	12	7,407	12	10,361
VI	166	10	0,7130	11	0,8420	10	5,154	11	6,087
VII	165	16	0,3139	14	0,9780	16	2,283	14	7,113
VIII	177	17	0,6666	14	1,0420	17	4,519	14	7,064
IX	157	15	0,3902	13	0,4710	15	2,982	13	3,600
					Mittelwerthe	12,6	5,107	12	5,020

Tafel XI.

Taube — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Codeins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	304	14	0,7970	14	0,4603	14	3,146	14	1,817
II	304	13,5	0,4946	13,5	0,4592	13,5	1,952	13,5	1,813
III	300	15	1,0052	15	0,6326	15	4,021	15	2,530
IV	313	14	0,7110	14	0,9652	14	2,726	14	3,700
V	341	13,5	0,7534	14	0,8122	13,5	2,651	14	2,858
VI	320	12,5	0,8832	12,5	0,4554	12,5	3,312	12,5	1,708
VII	320	15	1,1074	15	0,6124	15	4,153	15	2,296
VIII	310	14	0,9344	14	0,6964	14	3,617	14	2,696
IX	330	14	0,9140	14	0,6900	14	3,324	14	2,509
					Mittelwerthe	13,8	3,211	14,0	2,436

Die bei diesen Versuchen erhaltenen Werthe lassen sich folgenderweise zusammenstellen:

Tafel XII.

Mittelwerthe der in 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier ausgeschiedenen CO_2.

	nach der Injection von Codein.	vor der Injection von Codein.	Centesimal-Verhältniss vor der Injection von Codein.	Centesimal-Verhältniss nach der Injection von Codein.
	Gramm.	Gramm.		
Hund	2,323	1,979	100 :	85
Kaninchen	1,455	1,042	100 :	72
Meerschweinchen	3,610	3,043	100 :	84
Wanderratte	5,107	5,020	100 :	98
Taube	3,324	2,509	100 :	76

Von den untersuchten Thieren erfahren (in absteigender Reihe) nur Kaninchen, Tauben, Meerschweinchen und Hund eine Verminderung der Kohlensäure-Ausscheidung unter dem Einflusse des Codeins.

Narcein.

Unter sämmtlichen Opium-Alkaloiden wird von Claude Bernard (a. a. O.) dem Narcein die stärkste hypnotische Wirkung zugeschrieben.

Bei gleichen Dosen werden die Thiere durch Narcein tiefer eingeschläfert als durch Codein.

Der Narcein-Schlaf ist nach C. Bernard durch tiefe Ruhe und das Fehlen der Empfindlichkeit für Geräusche, wie sie beim Morphium-Schlafe beobachtet wird, gekennzeichnet.

Bernard prüfte die Wirkung des Narceins an Hunden, Katzen, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratten, Tauben, Sperlingen und Fröschen, und Debout und Béhier erzielten damit am Menschen eine sehr günstige hypnotische Wirkung.

Andere Aerzte dagegen theilen den Enthusiasmus Bernard's und der beiden französischen Kliniker für das Narcein durchaus nicht. Doch ist es vielleicht eine verschiedene Qualität des Präparats, die diesen widersprechenden Angaben so emsiger Forscher zu Grunde liegt.

Untersuchungen über den Einfluss des Narceins auf den Umsatz der stickstoffhaltigen und stickstofflosen Substanzen des thierischen Körpers sind bisher, unseres Wissens, von Niemand unternommen worden.

Wir müssen uns daher auch hier darauf beschränken, unsere eigenen Beobachtungen über die Wirkung dieses Alkaloids mitzutheilen.

Wir injicirten subcutan bei Hunden, Kaninchen und Tauben 0,01 Gramm chlorwasserstoffsaures Narcein, bei Meerschweinchen und Wanderratten 0,005 Gramm.

Tafel XIII.

Hund — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Narceins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	2123	13	3,6732	13	2,1672	13	2,076	13	1,225
II	1852	13	4,2608	13	2,2990	13	2,761	13	1,490
III	1750	14	3,0742	13	3,0340	14	2,108	13	2,080
IV	1740	11	2,7055	11	1,5092	11	1,866	11	1,041
V	2064	14	3,6110	14	3,0802	14	2,099	14	1,791
VI	1890	10	3,8922	10,5	4,0550	10	2,471	10,5	2,575
VII	1790	14	5,7613	14	2,2208	14	3,863	14	1,489
VIII	2700	14	6,4042	14,5	3,9180	14	2,846	14,5	1,741
IX	1587	11	5,0626	11	2,9086	11	3,828	11	2,199
X	1520	14	4,0330	14	2,5476	14	3,168	14	2,011
				Mittelwerthe		12,8	2,708	12,8	1,764

Tafel XIV.

Kaninchen — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Narceins.

I	1410	11	1,7546	12	1,6570	11	1,493	12	1,410
II	1410	11	1,2350	11,5	1,3230	11	1,051	11,5	1,126
III	1475	10	2,2506	11	1,6042	10	1,831	11	1,305
IV	1456	14	1,1874	14,5	1,2338	14	0,979	14,5	1,017
V	1520	12	1,4818	13	0,9980	12	1,170	13	0,788
VI	1517	10	1,5150	10	1,4322	10	1,198	10	1,133
VII	1518	13	2,0140	14	1,7774	13	1,592	14	1,405
VIII	1454	12	1,5220	12	1,4200	12	1,256	12	1,172
IX	1330	16	1,7066	15	1,6846	16	1,540	15	1,519
X	1405	9	0,8198	10	0,7040	9	0,700	10	0,601
				Mittelwerthe		11,8	1,281	12,3	1,148

Tafel XV.

Meerschweinchen — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Narceins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	440	14	1,7092	14	1,2944	14	4,661	14	3,530
II	415	14	1,3740	14	0,9218	14	3,973	14	2,665
III	334	15	0,8036	14	0,7100	15	2,887	14	2,550
IV	307	16	0,7132	16	0,6446	16	2,788	16	2,520
V	400	13	0,8386	13	0,9180	13	2,516	13	2,754
VI	365	12	1,8016	12,5	1,9688	12	5,923	12,5	6,473
VII	328	14	0,7716	12	0,7068	14	2,823	12	2,586
VIII	368	12	1,7748	12	2,0780	12	5,787	12	6,776
IX	380	12	1,6988	12,5	1,9188	12	5,365	12,5	6,059
X	392	13,5	1,8098	14	1,2778	13,5	5,540	14	3,912
XI	380	14	1,3434	15	1,4774	14	4,242	15	4,665
XII	370	14	1,3652	16	1,2442	14	4,428	16	4,035
XIII	430	14	1,3500	14	1,2620	14	3,767	14	3,522
					Mittelwerthe	13,7	4,208	13,8	4,003

Tafel XVI.

Weisse Wanderratten — Subcutane Injection von 0,005 chlorwasserstoffsauren Narceins.

I	170	13	0,7528	13	0,8737	13	5,314	13	6,167
II	190	13	1,1998	13	0,6352	13	7,578	13	4,012
III	184	14	0,4228	13,5	0,4460	14	2,757	13,5	2,909
IV	182	14,5	0,6740	14,5	0,3444	14,5	4,444	14,5	2,271
V	171	16	0,6598	16	0,5024	16	4,630	16	3,526
VI	210	16,5	0,7012	15	0,7134	16,5	4,007	15	4,077
VII	200	14	0,6728	14	0,4544	14	4,037	14	2,726
VIII	198	16	1,0584	16	0,8604	16	6,415	16	5,215
IX	189	11	1,1440	12	1,4029	11	7,263	12	8,907
X	193	13	1,0140	13,5	0,9022	13	6,305	13,5	5,610
XI	180	9	1,3740	10	0,7780	9	9,160	10	5,187
					Mittelwerthe	13,6	5,628	13,7	4,601

Tafel XVII.

Taube — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Narceins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	*vor* der Injection. Temperatur des Behälters	*vor* der Injection. Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	*nach* der Injection. Temperatur des Behälters	*nach* der Injection. Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	*vor* der Injection. Temperatur des Behälters	*vor* der Injection. Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	*nach* der Injection. Temperatur des Behälters	*nach* der Injection. Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
I	310	16	0,6360	16	0,8860	16	2,462	16	3,430
II	300	17	0,8212	17	0,5330	17	3,285	17	2,132
III	290	16	0,5560	16	0,5632	16	2,300	16	2,330
IV	288	16	1,0144	16	0,6886	16	4,227	16	2,869
V	298	16	1,5360	16	1,1620	16	6,185	16	4,680
VI	300	16,5	0,7020	16,5	0,6400	16,5	2,808	16,5	2,560
VII	320	17	0,5618	17	0,5486	17	2,107	17	2,057
VIII	330	18	0,8542	18	1,2670	18	3,106	18	4,607
IX	284	15	0,5552	15	0,6136	15	2,346	15	2,593
X	310	14,5	0,6776	14,5	0,7022	14,5	2,623	14,5	2,718
					Mittelwerthe	16,2	3,145	16,2	2,998

Die erhaltenen Werthe fassen wir in folgender Tabelle zusammen:

Tafel XVIII.

Mittelwerthe der in 24 Stunden u. auf 100 Gramm Thier ausgeschiedenen CO_2.

	vor der Injection von Narcein. Gramm.	nach der Injection von Narcein. Gramm.	Centesimal-Verhältniss vor der Injection von Narcein.	Centesimal-Verhältniss nach der Injection von Narcein.
Hund	2,708	1,764	100 :	62
Kaninchen	1,281	1,148	100 :	89
Meerschweinchen	4,208	4,003	100 :	95
Wanderratte	5,628	4,601	100 :	82
Taube	3,145	2,998	100 :	95

Alle von uns experimentirten Thiere zeigten eine Verminderung der CO_2-Exhalation, und zwar der Hund in höherem Maasse als die übrigen.

Auch beim Kaninchen und bei der Wanderratte war diese Wirkung beträchtlich, während sie bei der Taube und dem Meerschweinchen kaum merklich war.

Narcotin.

Nach A. u. T. Husemann[1]) ist das Narcotin unter allen Opiumalkaloiden seiner Wirkung nach am wenigsten bekannt.

Rabouteau[2]) giebt an, dass er selbst bis 40 Centigramm chlorwasserstoffsauren Narcotins eingenommen hat, ohne irgend eine Veränderung in seinem Harne wahrzunehmen.

Auch von diesem Alkaloide gebrauchten wir das chlorwasserstoffsaure Salz, und zwar in der Gabe von 1 Centigramm bei Hunden, Kaninchen und Tauben und von $^1/_2$ Centigramm bei Meerschweinchen und Ratten.

Tafel XIX.

Hund — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Narcotins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	1870	11	3,9020	13,5	3,3210	11	2,504	13,5	2,131
II	1995	12	2,4120	12	3,0398	12	1,451	12	1,828
III	1920	12	3,0756	12	4,0448	12	1,922	12	2,528
IV	1930	10	4,6360	10	3,4544	10	2,882	10	2,148
V	1440	12,5	1,0200	12	1,3704	12,5	0,850	12	1,142
VI	2785	17	4,9584	17	2,7838	17	2,136	17	1,199
VII	2780	17	3,5106	16	1,7836	17	1,515	16	0,770
VIII	2760	15	4,4116	15	3,6498	15	1,918	15	1,587
IX	2690	12,5	4,8428	13,5	4,1899	12,5	2,160	13,5	1,869
X	1520	14	2,0888	14	3,1710	14	1,649	14	2,503
XI	1520	13	2,6098	13	2,3601	13	2,060	13	1,863
XII	1750	13	4,5573	13	3,3842	13	3,125	13	2,321
					Mittelwerthe	13,3	2,014	13,4	1,824

[1]) A. und T. Husemann: Die Pflanzenstoffe in chemischer, physiologischer, pharmakologischer und toxikologischer Hinsicht. Berlin 1871, S. 151.

[2]) Rabouteau: Eléments de thérapeutique et de pharmacologie, 3me édition, 1877. pag. 516.

Tafel XX.

Kaninchen — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Narcotins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	2502	12	1,0610	12	1,0552	12	0,509	12	0,506
II	2380	12	3,1176	13	2,6728	12	1,572	13	1,348
III	2500	14,5	2,9658	14,5	1,2720	14,5	1,424	14,5	0,611
IV	2287	14,5	2,1978	14	1,9500	14,5	1,153	14	1,023
V	2242	16,5	2,9190	16	2,2706	16,5	1,562	16	1,215
VI	2202	13	3,2734	13	1,7140	13	1,784	13	0,935
VII	2250	15	2,9336	15	2,2722	15	1,565	15	1,212
VIII	2230	14,5	3,2066	14	1,7505	14,5	1,726	14	0,942
IX	2146	12	3,4114	12	2,4516	12	1,908	12	1,371
X	1445	14	1,1304	13	0,5396	14	0,938	13	0,448
				Mittelwerthe		13,8	1,414	13,6	0,961

Tafel XXI.

Meerschweinchen — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Narcotins.

I	343	14	0,6480	14	0,4080	14	2,267	14	1,427
II	343	13	1,6838	13	1,4554	13	5,891	13	5,092
III	382	16	0,6704	16	0,5830	16	2,106	16	1,831
IV	421	14	1,1206	14	0,8636	14	3,194	14	2,462
V	419	14	1,1940	14	1,2464	14	3,419	14	3,570
VI	372	13	1,2134	13	1,5204	13	3,914	13	4,905
VII	490	13,5	0,9750	13	1,1854	13,5	2,388	13	2,903
VIII	400	15	0,6352	15	0,8572	15	1,906	15	2,572
IX	430	11	1,4704	11	1,6446	11	4,103	11	4,590
X	395	14	1,4536	14	1,4080	14	4,416	14	4,277
XI	387	11	0,7224	11,5	0,6434	11	2,240	11,5	1,995
XII	365	9	1,0076	9	0,5778	9	3,313	9	1,900
				Mittelwerthe		13,1	3,263	13,1	3,127

Tafel XXII.

Weisse Wanderratte — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Narcotins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Grammen.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	181	13	0,8778	14	0,5200	13	5,820	14	3,448
II	190	15	0,6962	14	0,7474	15	4,397	14	4,720
III	197	14	1,1420	13	1,1050	14	6,956	13	6,731
IV	193	12	1,1690	16	0,7314	12	7,268	16	4,548
V	190	14	0,9206	14	0,8364	14	5,814	14	5,284
VI	193	16	1,1494	16	1,2984	16	7,147	16	8,073
VII	182	14	0,9314	14	0,8882	14	6,141	14	5,856
VIII	188	10	0,6416	12	0,6524	10	4,095	12	4,164
IX	163	12	0,5274	12	0,5524	12	3,883	12	4,067
X	180	13,5	0,7312	13	0,6952	13,5	4,875	13	4,635
XI	150	12	0,8084	12	0,8288	12	6,467	12	6,630
XII	210	11	0,6430	11	0,5994	11	3,674	11	3,425
XIII	217	14	1,2584	15	1,0890	14	6,959	15	6,022
XIV	210	15,5	1,3200	14	1,2422	15,5	7,543	14	7,098
					Mittelwerthe	13,3	5,789	13,6	5,336

Tafel XXIII.

Taube — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Narcotins.

I	326	17,5	0,8290	17,5	0,8078	17,5	3,051	17,5	2,973
II	302	15	0,8738	15	0,7988	15	3,472	15	3,174
III	313	16	0,7338	16	0,8038	16	2,813	16	3,082
IV	322	15	0,6156	15	0,9268	15	2,294	15	3,454
V	308	16	0,8128	16,5	0,7910	16	3,167	16,5	3,082
VI	305	15	0,9860	15	0,9699	15	3,879	15	3,816
VII	307	16	0,9608	16	0,9818	16	3,755	16	3,838
VIII	302	16	1,0992	16	1,4350	16	4,368	16	5,702
IX	340	17	0,9772	17	0,9560	17	3,449	17	3,374
X	300	15	0,7110	15	0,7030	15	2,844	15	2,812
XI	300	15	1,0482	15	0,8366	15	4,193	15	3,346
					Mittelwerthe	15,2	3,389	15,8	3,514

In folgender Tafel stellen wir die bei diesen Versuchen erhaltenen Durchschnittswerthe zusammen:

Tafel XXIV.

Mittelwerthe der in 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier ausgeschiedenen CO_2.

	Vor der Injection von Narcotin. Gramm.	Nach der Injection von Narcotin. Gramm.	Centesimal-Verhältniss vor der Injection von Narcotin.	Centesimal-Verhältniss nach der Injection von Narcotin.
Hund	2,014	1,824	100 :	90
Kaninchen	1,414	0,961	100 :	68
Meerschweinchen	3,263	3,127	100 :	96
Weisse Wanderratte	5,789	5,336	100 :	92
Taube	3,389	5,514	100 :	104

Man ersieht leicht, dass nur beim Kaninchen das Narcotin eine erhebliche Verminderung der Kohlensäure-Exhalation bewirkt.

Das Meerschweinchen und die Taube können in dieser Hinsicht als unempfänglich für die Wirkung des Narcotins betrachtet werden.

Bei der Ratte und beim Hunde erleidet der Chemismus der Respiration eine geringe Verminderung.

Thebain.

Das Thebain ist nach C. Bernard (a. a. O. S. 514) das giftigste Alkaloid des Opiums. 0,1 Gramm chlorwasserstoffsaures Thebain, in die Venen eines Hundes von 7 bis 8 Kilogramm Gewicht eingespritzt, tödtet das Thier binnen 5 Minuten.

Wir hatten öfters Gelegenheit, wahrzunehmen, dass die Injection eines Centigrammes Thebain bei kleinen Kaninchen und Meerschweinchen sehr rasch den Tod herbeiführt.

Eine constante Erscheinung bei den durch Thebain-Einspritzungen vergifteten Tauben waren heftige Brechbewegungen, wie wir sie nach der Vergiftung mit anderen Opium-Alkaloiden nie so regelmässig haben eintreten sehen.

Den Einfluss des Thebains auf den Stoffwechsel anlangend, erinnern wir, dass Rabouteau (a. a. O. S. 512) davon 10 Centigramm auf einmal einnahm, ohne erhebliche Aenderungen in seinem Harne nachweisen zu können.

Bei unseren Versuchen injicirten wir subcutan bei Hunden 0,01 Gramm chlorwasserstoffsaures Thebain, bei Kaninchen und Tauben 0,005 Gramm, bei Meerschweinchen und Wanderratten nur 0,003 Gramm.

Tafel XXV.

Hund — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Thebains.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	vor der Injection. Temperatur des Behälters	vor der Injection. Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	nach der Injection. Temperatur des Behälters	nach der Injection. Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	vor der Injection. Temperatur des Behälters	vor der Injection. Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	nach der Injection. Temperatur des Behälters	nach der Injection. Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
I	2039	10	2,7500	12	2,2960	10	1,619	12	1,351
II	1860	13,5	2,5726	13	2,7800	13,5	1,660	13	1,794
III	1745	15	2,7500	15	2,4618	15	1,891	15	1,693
IV	2005	13	2,7419	14	3,1502	13	1,641	14	1,885
V	1920	13	2,6160	14	3,2460	13	1,635	14	2,029
VI	1890	11,5	3,4716	11,5	2,9482	11,5	2,204	11,5	1,872
VII	1440	10	4,2066	10,5	4,1816	10	3,505	10,5	3,485
VIII	1440	8	4,2022	9	4,8556	8	3,502	9	4,046
IX	1455	8	3,4374	8	3,2810	8	2,835	8	2,706
X	1445	12	2,6696	13	3,0880	12	2,217	13	2,564
XI	1380	13	2,1944	13	2,3058	13	1,968	13	2,005
XII	1380	13	2,8638	14	2,8880	13	2,490	14	2,511
XIII	1487	13	3,7469	13	3,5361	13	3,024	13	2,854
XIV	1530	13	2,4110	13	3,0502	13	1,891	13	2,392
				Mittelwerthe		11,9	2,287	12,4	2,356

Tafel XXVI.

Kaninchen — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Thebains.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	1006	14	0,8278	14	1,0064	14	0,987	14	1,200
II	1033	16	0,9706	16	1,0514	16	1,128	16	1,221
III	1030	12	1,4466	12,5	1,1284	12	1,685	12,5	1,315
IV	995	11	0,8874	11	0,7240	11	1,070	11	0,873
V	940	11	0,5676	11	1,0310	11	0,725	11	1,316
VI	1085	11	1,3690	11	1,5980	11	1,514	11	1,767
VII	1068	9	0,9410	11	1,2730	9	1,057	11	1,430
VIII	1420	12	1,5160	12	1,6540	12	1,281	12	1,398
IX	1420	12	2,3416	12	1,5628	12	1,979	12	1,321
X	1450	12,5	1,9270	12	2,3334	12,5	1,595	12	1,931
					Mittelwerthe	12,0	1,302	12,2	1,377

Tafel XXVII.

Meerschweinchen — Subcutane Injection von 0,003 Gramm chlorwasserstoffsauren Thebains.

I	374	11,5	1,0638	11,5	1,1380	11,5	3,413	11,5	3,651
II	344	17	1,1836	16	1,0040	17	4,129	16	3,502
III	340	13	0,9172	13,5	1,0710	13	3,237	13,5	3,780
IV	427	14	0,5326	13,5	0,9986	14	1,497	13,5	2,806
V	425	15	1,3276	15	1,3320	15	3,749	15	3,761
VI	390	14	0,8366	14	0,8814	14	2,574	14	2,712
VII	459	14	0,7560	14	1,0722	14	1,976	14	2,803
VIII	402	14	0,3994	14	0,7020	14	1,192	14	2,096
IX	502	12	0,7280	12	0,7266	12	1,740	12	1,737
X	395	13,5	0,7778	13	1,2167	13,5	2,363	13	3,696
					Mittelwerthe	13,8	2,587	13,6	3,054

Tafel XXVIII.

Wanderratten — Subcutane Injection von 0,003 Gramm chlorwasserstoffsauren Thebains.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	182	14	0,4050	14,5	0,4726	14	2,670	14,5	3,116
II	185	14	0,7924	14	0,3918	14	5,140	14	2,541
III	187	15	1,1670	15	0,8320	15	7,488	15	5,339
IV	190	13	0,7430	12,5	0,6890	13	4,693	12,5	4,352
V	220	13	0,7414	13	0,5942	13	4,044	13	3,241
VI	182	11	1,1280	11	0,9424	11	7,437	11	6,214
VII	175	12	0,9386	12	0,9206	12	6,436	12	6,313
VIII	187	15	0,9168	15	0,8920	15	5,883	15	5,724
IX	200	15	0,9402	15	0,7806	15	5,641	15	4,684
X	193	11	1,6950	12	1,4406	11	10,539	12	8,957
				Mittelwerthe		13,3	5,977	13,4	5,048

Tafel XXIX.

Taube — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Thebains.

I	330	14	1,6142	14	1,0184	14	5,870	14	3,703
II	295	15	0,8146	15	0,5024	15	3,314	15	2,044
III	302	15	0,4726	15	0,6188	15	1,878	15	2,455
IV	305	16,5	0,9868	16,5	1,0824	16,5	3,882	16,5	4,259
V	320	13	1,0288	13	0,6912	13	3,858	13	2,592
VI	310	13	0,8800	13	0,8104	13	3,406	13	3,137
VII	285	15	0,8498	15	0,5014	15	3,578	15	2,111
VIII	291	16,5	0,9698	16,5	0,8080	16,5	4,000	16,5	3,332
IX	230	15	0,6210	15	0,5254	15	3,240	15	2,741
				Mittelwerthe		14,8	3,669	14,8	2,930

Die gewonnenen Werthe fassen wir in folgender Tabelle zusammen:

Tafel XXX.

Mittelwerthe der in 24 Stunden u. auf 100 Gramm Thier ausgeschiedenen CO_2.

	Vor der Injection von Thebain. Gramm.	Nach der Injection von Thebain. Gramm.	Centesimal-Verhältniss vor der Injection von Thebain.	Centesimal-Verhältniss nach der Injection von Thebain.
Hund	2,287	2,356	100 :	103
Kaninchen	1,302	1,377	100 :	106
Meerschweinchen	2,587	3,054	100 :	118
Weisse Wanderratte	5,977	5,048	100 :	84
Taube	3,669	2,930	100 :	79

Bei Meerschweinchen wird also die Ausscheidung der Kohlensäure durch das Thebain sehr erheblich gefördert.

Fast null ist der Einfluss des chlorwasserstoffsauren Thebains auf den Chemismus der Respiration bei Hunden und Kaninchen.

Bei der Wanderratte und der Taube endlich wird der Chemismus der Athmung durch Thebain-Einspritzungen herabgesetzt.

Papaverin.

Schroff giebt an, dass durch den Gebrauch von Papaverin der Harn weder qualitativ noch quantitativ verändert wird [1]).

Andere Angaben über den Einfluss des Papaverins auf den Stoffwechsel sind uns nicht bekannt.

Chlorwasserstoffsaures Papaverin wurde von uns (in wässeriger Lösung) in der Dosis 0,01 Gramm beim Hunde, beim Kaninchen und bei der Taube, und von 0,005 beim Meerschweinchen und bei der Wanderratte subcutan injicirt.

---

[1]) A. und T. Husemann.

Tafel XXXI.

Hund — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Papaverins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	1906	16	2,0586	16	1,3590	16	1,296	16	0,856
II	1800	18	2,3102	18	2,7136	18	1,540	18	1,809
III	2100	16	1,5196	16	1,4780	16	0,868	16	0,845
IV	1830	17	4,1072	17	4,8000	17	2,693	17	3,148
V	2210	17	2,0620	17	1,4340	17	1,120	17	0,779
VI	2188	18	5,1302	18	3,7000	18	2,814	18	2,029
VII	2100	17,5	4,3464	17,5	3,6492	17,5	2,484	17,5	2,085
VIII	2230	18	3,7518	18	3,7176	18	2,019	18	2,001
IX	2360	17	3,7433	17	2,9895	17	1,903	17	1,520
					Mittelwerthe	17,1	1,860	17,1	1,675

Tafel XXXII.

Kaninchen — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Papaverins.

I	1499	17	1,6048	17	1,1100	17	1,284	17	0,889
II	1540	16,5	1,7995	16,5	1,5712	16,5	1,402	16,5	1,224
III	1432	17	1,1962	17	0,8520	17	1,002	17	0,714
IV	1423	18	0,8428	18	1,1620	18	0,711	18	0,980
V	1375	19	1,1402	19	0,7254	19	0,995	19	0,633
VI	1549	19	1,4400	19	1,7026	19	1,116	19	1,319
VII	1521	17	1,0266	17	0,9675	17	0,810	17	0,763
VIII	1325	19	1,3748	19	1,5530	19	1,245	19	1,406
IX	1330	16	1,2744	16	1,0944	16	1,150	16	0,987
					Mittelwerthe	17,6	1,079	17,6	0,990

Tafel XXXIII.

Meerschweinchen — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Papaverins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	370	16,5	0,4540	16,5	0,4276	16,5	1,472	16,5	1,387
II	353	17	0,4824	17	0,5468	17	1,640	17	1,859
III	328	15	1,0984	16	1,0778	15	4,019	16	3,943
IV	315	14	0,5362	15	0,5366	14	2,043	15	2,044
V	316	17	0,5278	17	0,6144	17	2,004	17	2,333
VI	320	17	0,6752	17	0,4630	17	2,532	17	1,736
VII	313	14	0,6960	14,5	0,7689	14,5	2,668	14,5	2,948
VIII	302	16	0,3660	16	0,3504	16	1,454	16	1,392
IX	320	17	0,9192	17	1,1156	17	3,447	17	4,183
X	330	16	0,7107	16	0,4446	16	2,584	16	1,617
XI	310	17	0,7588	17	0,7578	17	2,937	17	2,933
XII	320	16	0,8600	16	0,9220	16	3,225	16	3,458
					Mittelwerthe	16,0	2,502	16,2	2,486

Tafel XXXIV.

Weisse Wanderratten — Subcutane Injection von 0,005 Gramm chlorwasserstoffsauren Papaverins.

I	270	16	0,9984	16	0,7920	16	4,437	16	3,520
II	270	17,5	1,0712	17,5	0,9766	17,5	4,761	17,5	4,340
III	272	17	0,5702	17	0,5234	17	2,516	17	2,309
IV	262	16	0,4742	16	0,4550	16	2,171	16	2,084
V	260	15	0,6108	15	0,7111	15	2,819	15	3,282
VI	262	16,5	0,6732	16,5	0,6308	16,5	3,083	16,5	2,889
VII	250	15	0,3483	15	0,3117	15	1,672	15	1,496
VIII	250	17	0,9820	17	0,8452	17	4,714	17	4,057
IX	233	18	0,7845	18	0,6118	18	4,040	18	3,151
					Mittelwerthe	16,4	3,357	16,4	3,014

Tafel XXXV.

Taube — Subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsauren Papaverins.

Ordnungszahl der Versuche.	Gewicht des Thieres in Gramm.	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der vom Thiere in 2 Stunden ausgeschiedenen CO_2 in Gramm	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet	Temperatur des Behälters	Menge der CO_2 in Gramm auf 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier berechnet
		vor der Injection.		*nach* der Injection.		*vor* der Injection.		*nach* der Injection.	
I	330	17,5	0,6240	17,5	0,4400	17,5	2,269	17,5	1,600
II	302	16	0,9600	16	1,0332	16	3,815	16	4,105
III	320	17	1,3226	17	0,7057	17	4,960	17	2,646
IV	330	16	0,4404	16	0,3390	16	1,601	16	1,233
V	330	15	1,1491	15	0,4826	15	4,179	15	1,755
VI	292	19	0,6340	19	0,4692	19	2,605	19	1,928
VII	327	16,5	1,1506	16,5	1,0843	16,5	4,222	16,5	3,979
VIII	310	17	1,0872	17	0,7852	17	4,209	17	3,039
IX	310	16	0,6420	16	0,9434	16	2,486	16	3,652
					Mittelwerthe	16,6	3,374	16,6	2,660

Folgende Tabelle veranschaulicht die erhaltenen Mittelwerthe:

Tafel XXXVI.

Mittelwerthe der in 24 Stunden und auf 100 Gramm Thier ausgeschiedenen CO_2.

	Vor der Injection des Papaverins. Gramm.	Nach der Injection des Papaverins. Gramm.	Centesimal-Verhältniss vor der Injection des Papaverins.	Centesimal-Verhältniss nach der Injection des Papaverins.
Hund	1,860	1,675	100 :	90
Kaninchen	1,079	0,990	100 :	92
Meerschweinchen	2,502	2,486	100 :	99
Wanderratte	3,357	3,014	100 :	90
Taube	3,374	2,660	100 :	79

Bei der Taube bewirkte also die Injection von einem Centigramm chlorwasserstoffsauren Papaverins eine bedeutende Herabsetzung der

Kohlensäure-Ausscheidung; gering war dagegen die Differenz zwischen der Kohlensäure-Ausscheidung vor und nach der Einspritzung von Papaverin beim Hunde, beim Kaninchen und bei der Wanderratte, beim Meerschweinchen endlich war die Herabsetzung so gut wie null.

Aus diesen Versuchsreihen über die Wirkung der sechs wichtigsten Alkaloide des Opiums bei homeothermischen Säugethieren und Vögeln glauben wir folgende Schlüsse ziehen zu dürfen:

I. Die subcutane Injection von chlorwasserstoffsaurem Morphium bewirkt beim Hunde und beim Kaninchen eine Verminderung der Kohlensäure-Ausscheidung, die beim Hunde auf das Verhältniss 100 : 51, beim Kaninchen auf 100 : 53 anzuschlagen ist. (Die Zahl 100 drückt die Menge der vom Thiere, welches keiner subcutanen Injection eines Opiumalkaloides unterworfen war, ausgeschiedenen CO_2 aus.)

Beim Meerschweinchen bewirken 0,005 Gramm Morphium eine Herabsetzung der Kohlensäure-Ausscheidung im Verhältnisse von 100 : 79.

Bei der Taube und der Wanderratte blieb das Morphiumpräparat (wovon erstere 0,01, letztere 0,005 erhielt) ohne merklichen Einfluss auf den Gasaustausch.

II. Die subcutane Injection von 0,01 Gramm chlorwasserstoffsaurem Codein vermindert die CO_2-Exhalation beim Kaninchen, bei der Taube und beim Hunde: bei ersterem im Verhältniss von 100 : 72, bei der Taube in dem von 100 : 76, beim Hunde in dem von 100 : 85.

0,005 desselben Salzes vermindern beim Meerschweinchen die CO_2-Exhalation im Verhältniss von 100 : 84, bei der Wanderratte brachte dieselbe Dosis keine nennenswerthe quantitative Veränderung des Gasaustausches hervor.

III. Ein Centigramm chlorwasserstoffsaures Narcein bewirkt beim Hunde eine Verminderung der CO_2-Ausscheidung im Verhältniss von 100 : 62, beim Kaninchen von 100 : 89. — Bei der Taube und beim Meerschweinchen wird keine bedeutende Modification der CO_2-Aus-

scheidung wahrgenommen. — Bei der Wanderratte vermindern 0,005 Gramm dieselbe im Verhältniss von 100 : 82.

IV. Narcotin vermindert die CO_2-Exhalation beim Kaninchen im Verhältniss von 100 : 68 (Dosis 0,01); beim Meerschweinchen (0,005) und der Taube (0,01) bleibt es ohne erhebliche Wirkung.

Beim Hunde giebt es eine Verminderung im Verhältniss von 100 : 90 (Dosis 0,01); bei der Wanderratte von 100 : 92 (Dosis 0,005).

V. Thebain ist das einzige von den sechs Opiumalkaloiden, welches beim Meerschweinchen (bei der Dosis 0,003 und subcutaner Application) eine Zunahme der CO_2-Ausscheidung, und zwar im Verhältniss von 100 : 118 bewirkt.

Beim Hunde (bei 0,01 Gramm) und beim Kaninchen (bei 0,005) bewirkt Thebain zwar eine Verminderung der CO_2- Exhalation, aber in ziemlich geringem Maasse.

Bei der Taube dagegen giebt es (bei 0,005 Gramm) eine Verminderung im Verhältniss von 100 : 79 und bei der Wanderratte von 100 : 84.

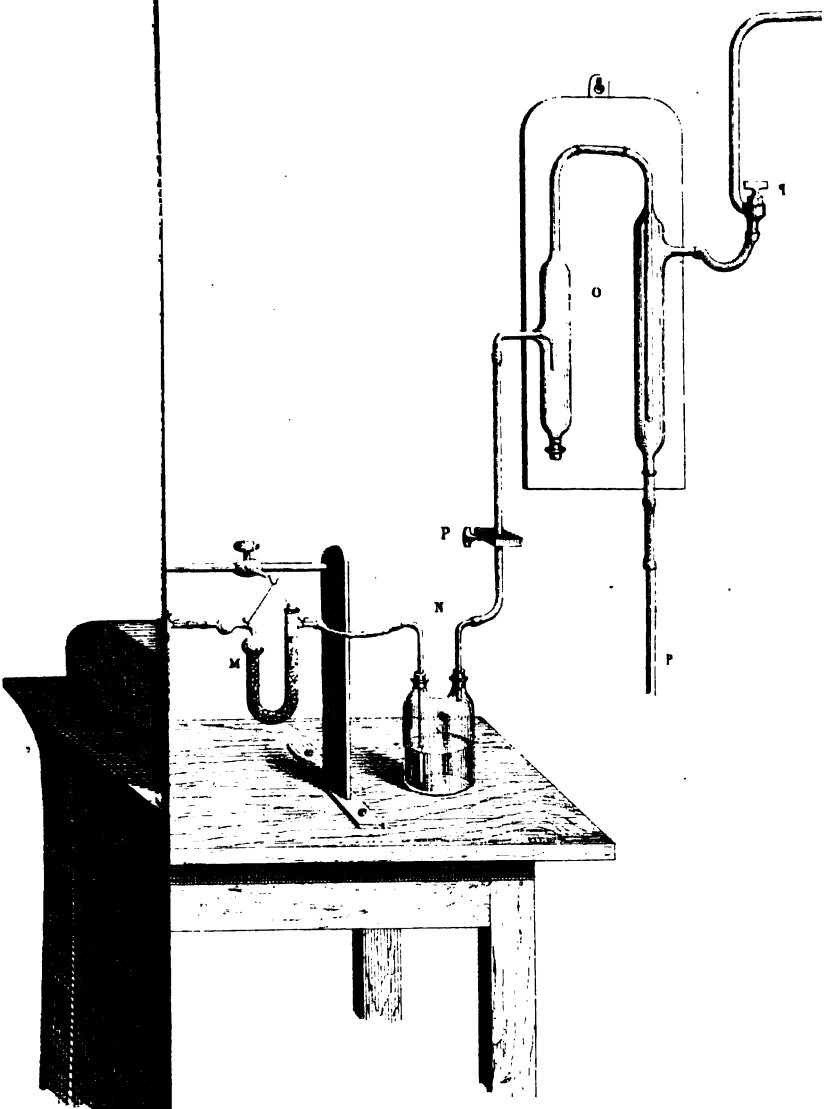
VI. Ein Centigramm chlorwasserstoffsaures Papaverin vermindert bei der Taube die CO_2-Ausscheidung im Verhältniss von 100 : 79.

Beim Meerschweinchen wurde in derselben bei der Dosis von 0,005 keine Differenz wahrgenommen.

Beim Hunde bewirkt 1 Centigramm Papaverin eine Verminderung der CO_2-Ausscheidung im Verhältniss von 100 : 90 und beim Kaninchen von 100 : 92.

Bei der Wanderratte endlich bringen 0,005 Gramm Papaverin eine Verminderung der CO_2-Exhalation im Verhältniss von 100 : 90 hervor.

ensäure.



Torino, Lit. P. Salussolia

XXI.

Beiträge zur Hämatologie.

I.

Experimentale Untersuchungen über die lienale Hämatopoësis.

Von

Prof. **G. Bizzozero** und Dr. **G. Salvioli** in Turin.

Die zahlreichen Untersuchungen über die Beziehungen der Milz zur Blutbildung hatten im Allgemeinen zur Annahme geführt, dass die Milz bei diesem Processe eine wichtige Rolle spiele. Doch wie allgemein auch dieser Satz angenommen war, so gerieth er doch in argen Misscredit, als **Neumann**'s [1]) Forschungen zeigten, dass die angebliche blutbildende Function der Milz bei Weitem nicht erwiesen war.

Seitdem zuerst **Kölliker** [2]) dargethan hatte, dass sowohl im Uterinleben als in den ersten Monaten nach der Geburt in der Milz kernhaltige rothe Körperchen vorkommen (welcher Befund eben die Annahme, dass die Milz ein blutbildendes Organ sei, begründete), hat **Neumann** [3]) ebenfalls Untersuchungen darüber angestellt, ob wirklich während des Fötallebens und in den ersten Zeiten des extrauterinen die Milz kernhaltige rothe Körperchen führe. Die Ergebnisse, die er am Menschen und an verschiedenen anderen Thieren gewann, brachten ihn zum Schlusse, dass die Milz weder beim Fötus noch nach der

---

[1]) Neumann: Neue Beiträge zur Kenntniss der Blutbildung. Archiv der Heilkunde, 2. November 1879.

[2]) Kölliker: Handbuch der Histologie.

[3]) Neumann: a. a. O.

Geburt derartige Körperchen producire; denn bei erwachsenen Individuen fand er dieselben in der Milz niemals vor; und er meint, dass diejenigen Hämatien, die beim Fötus und bei Neugeborenen in der Milzpulpa vorkommen, vom Blute aus in letztere gelangen und daselbst abgelagert werden, da ihre Gegenwart in der Milz mit dem Vorkommen ähnlicher Elemente im Blute zeitlich zusammenfällt. Neumann's Schüler **Freyer** [1]) hat in der Folge diese Schlussfolgerungen durch den Nachweis zu bestätigen gesucht, dass das Blut der Arteria lienalis nicht ärmer an rothen Zellen sei als das Milzvenenblut. Sodann versuchte er an Kaninchen durch Blutentziehungen und durch Inanition einen anämischen Zustand zu erzeugen, um zu sehen, ob nicht dann vielleicht die Milz Anzeichen ihrer blutbildenden Verrichtung kundgeben würde: und das Ergebniss war negativ. Da die meisten anderen Untersuchungen zum Nachweise dieser hämatopoëtischen Function der Milz auf indirectem Wege unternommen worden waren, so konnten sie nicht den Werth beanspruchen, der auf diesem Gebiete der directen morphologischen Prüfung insofern zukommt, als dieselbe unvermittelt auf die Entscheidung losgeht, ob diejenigen Elemente vorhanden sind, die ein Zeugniss von der eben stattfindenden Neubildung rother Blutkörperchen abgeben.

In den letzten Zeiten ist die Blutbildung überhaupt Gegenstand zahlreicher Nachforschungen gewesen, worunter die von **Litten** und **Orth** [2]) hervorgehoben zu werden verdienen, die einen neuen Beitrag zu unseren Kenntnissen von der blutbildenden Verrichtung des Knochenmarkes geliefert haben. Von der Thatsache ausgehend, dass das Mark der Röhrenknochen fettig wird und nur das der schwammigen Knochen functionell thätig verbleibt, und dass bei der perniciösen Anämie das vorhin fettig gewesene Mark der Röhrenknochen wieder thätig wird, prüften **Litten** und **Orth** an Hunden, ob es möglich sei, durch eine mittelst wiederholter Aderlässe herbeigeführte Anämie das fettige Knochen-

[1]) Freyer: Ueber die Betheiligung der Milz bei der Entwicklung der rothen Blutkörperchen. Königsberg, 1872.

[2]) Litten und Orth: Berliner klinische Wochenschrift, Nr. 52, 1877.

mark wieder in thätiges zu verwandeln. Das Ergebniss entsprach vollkommen den Erwartungen: durch wiederholte Aderlässe gelang es **Litten** und **Orth**, das sämmtliche Knochenmark des Skeletts functionell, d. h. reich an kernhaltigen rothen Blutkörperchen zu machen.

Doch weder bei den Experimentaluntersuchungen noch bei den pathologisch-anatomischen Studien über die schweren Fälle von Anämie war bisher die Milz Gegenstand eingehender Nachforschungen gewesen in Bezug auf die Frage, ob dieses Organ, das im Beginne des Extrauterinlebens blutbildend ist oder doch als solches betrachtet wird, bei schweren Anämieen, gleich dem bereits fettig verwandelten Marke der Röhrenknochen, wieder functionell thätig werden könne. Diese Frage gerade hatten wir uns gestellt und sie zum Gegenstande der hier mitzutheilenden Untersuchungen gemacht, die auch wirklich, wie wir von vorne herein aussprechen können, zum glänzendsten Ergebnisse geführt haben.

Bevor wir jedoch an unsere Versuche traten (die darin bestehen sollten, die Thiere oligocythämisch zu machen, um sodann die etwaigen Veränderungen der Milz zu prüfen), haben wir uns, wie leicht begreiflich, durch zahlreiche Untersuchungen an Milzen von Thieren verschiedener Art und verschiedenen Alters zu versichern gesucht, ob darin nicht bereits die Elemente vorhanden wären, die Obigem zufolge das Criterium der von Statten gehenden Blutbildung abgeben, nämlich kernhaltige rothe Körperchen. Als Versuchsthiere dienten uns Hunde, Meerschweinchen und Kaninchen.

Was **Kölliker** an neugeborenen Thieren gefunden hatte, vermochten wir an jungen Hunden fast durchgehends zu bestätigen; ja, sogar bei einem Hunde, der bereits sicherlich das erste Lebensjahr zurückgelegt haben musste, fanden wir in der Milz noch zahlreiche kernhaltige rothe Zellen vor. Bei erwachsenen Hunden dagegen kamen diese Elemente, allgemein gesagt, nicht vor, wiewohl zuweilen einzelne Körperchen dieser Art nach wiederholtem Suchen allerdings nachgewiesen werden konnten. Zu bemerken ist dabei, dass wir es bei diesen Thieren nicht unterliessen, die Milz unter verschiedenen Bedingungen und zu verschiedenen Tageszeiten, namentlich vor und nach der Nah-

rungsaufnahme und in verschiedenen Zeiträumen nach derselben, zu prüfen: und das Ergebniss blieb stets negativ.

Bei jungen Meerschweinchen finden sich in der Milz kernhaltige rothe Zellen ziemlich zahlreich vor; bei erwachsenen aber sind dieselben zwar spärlich, doch selten gänzlich fehlend.

Bei Kaninchen trifft man nach der Geburt nur selten kernhaltige rothe Körperchen in der Milzpulpa an; in den späteren Jugendperioden und bei erwachsenen Thieren haben wir darin nie solche vorgefunden. Ja, diese Thiere bilden gleichsam eine Ausnahme, insofern neugeborene Kaninchen keine blutbildende Milz, wie eine solche so häufig bei anderen Thieren vorkommt, besitzen.

Die Blutentziehungen nahmen wir bald an den Arterien, bald an den Venen vor. Dabei machten wir möglichst kleine Aderlasswunden und bedienten uns antiseptischer Verbände. In der Regel erhielten wir Heilung per primam intentionem, vermochten also Eiterungen zu vermeiden, die den Werth unserer Resultate einigermassen hätten schmälern können. Der von einem von uns ersonnene und beschriebene Chromocytometer [1]) diente uns zur Schätzung des Grades der Anämie, in welche das Thier durch die Blutentziehung versetzt wurde, und so konnte nachher das Verhältniss zwischen den consecutiven Veränderungen in den blutbildenden Organen und dem jeweiligen Grade der Verarmung des Blutes an Hämoglobin bestimmt werden. Ueber die Genauigkeit des genannten Instrumentes werden wir in einer anderen Arbeit, deren Bearbeitung wir bereits zum Abschlusse gebracht, uns auszusprechen Gelegenheit finden. — Endlich liessen wir den Versuchsthieren die beste hygieinische Pflege angedeihen und sorgten namentlich auch für ihre möglichst gute Fütterung, um nach Kräften alle Momente fernzuhalten, die sonst noch, ausser den Blutentziehungen, bestimmend in den Gang der Blutbildung hätten eingreifen können.

---

[1]) Bizzozero: Jl Cromocitometro, nuovo strumento per dosare l'emoglobina del sangue. Accademia delle scienze di Torino. 1879.

Resultate gewannen wir nur an Hunden und Meerschweinchen; die Kaninchen mussten wir bald aufgeben, da sie entschieden nicht geeignet sind, unsere Versuche zu vertragen, was sich vielleicht aus der oben erwähnten Eigenthümlichkeit ihrer Milz (Mangel an rothen kernhaltigen Körperchen seit der Geburt) erklären mag.

I. Versuch. — Meerschweinchen, männliches Thier, 516 Gramm schwer, kräftig. Blutentziehung von 0,97% des Körpergewichts, nach zwei Tagen eine zweite von 1,35%. Nach weiteren drei Tagen wird der Grad der Blutverarmung cytometrisch geprüft. Den Hämoglobingehalt des Blutes vor den Aderlässen = 100 gesetzt, war derselbe nach den Blutentziehungen auf 60,1 gesunken.

Es wird die Milz exstirpirt. Sie wiegt 1,215 Gramm, ist sehr geschwollen und saftreich; sie enthält überaus zahlreiche kernhaltige rothe Zellen, die sehr deutlich zu erkennen sind und öfters zu Haufen gruppirt erscheinen.

II. Versuch. — Meerschweinchen, Männchen, wiegt 610 Gramm. Aderlass, womit an Blut 2% des Körpergewichts entzogen werden. Nach vier Tagen wird das Thier todt gefunden.

Milz sehr geschwollen; enthält äusserst zahlreiche rothe kernhaltige Zellen, haufenweise gruppirt.

Das Mark der Röhrenknochen enthält vereinzelte rothe kernhaltige Zellen.

Das Knochenmark der Rippen enthält deren viele.

III. Versuch. — Meerschweinchen, Männchen, 284 Gramm schwer. Aderlass von 1,41% des Körpergewichts; nach sechs Tagen ein zweiter von 2,72%; zwei Tage später wird das Thier getödtet. Der Hämoglobingehalt des Blutes auf 52,7 gesunken.

Milz vergrössert, sehr saftig, enthält zahlreiche kernhaltige rothe Körperchen.

Das Knochenmark der Rippen und der Röhrenknochen zeigt diese Elemente ebenfalls in grosser Menge.

IV. Versuch. — Meerschweinchen, Männchen, kräftig, 558 Gramm schwer. Aderlass von 1,61% des Körpergewichts; nach vier Tagen ein zweiter von 1,58%. Zwei Tage später wird der Hämoglobingehalt des Blutes geprüft und auf 59,7 gesunken gefunden. Das Thier wird getödtet.

Milz geschwollen, 1,160 Gramm schwer, saftig, enthält eine ausserordentliche Menge deutlich erkennbarer kernhaltiger rother Zellen.

Das Mark der Röhrenknochen enthält ebenfalls zahlreiche Elemente dieser Art, doch in geringerer Menge als die Milzpulpa.

Auch das Knochenmark der Rippen ist reich an solchen Zellen.

V. Versuch. — Meerschweinchen, Männchen, kräftig, 616 Gramm schwer. Aderlass von 2,25% des Körpergewichts; nach vier Tagen eine zweite Blutent-

ziehung von 1,62 %. Drei Tage später ergiebt die cytometrische Probe eine Herabsetzung des Hämoglobingehalts des Bluts auf 65,2 % des ursprünglichen Werthes. Das Thier ist sehr heruntergekommen, frisst wenig und hat 180 Gramm von seinem Körpergewichte verloren. Es wird getödtet.

Milz nur mässig geschwellt und saftig; trotzdem enthält sie viele kernhaltige rothe Zellen, die jedoch sehr blass sind.

Auch das Mark der Röhrenknochen und der Rippen enthält viele solcher Körperchen, die aber auch hier sehr blass sind.

VI. Versuch. — Erwachsener Hund, 2616 Gramm schwer. Blutentziehung von 2,9 % des Körpergewichts; nach zwei Tagen eine zweite von 3,7 %; nach weiteren drei Tagen weist die Cytometrie eine Herabsetzung des Hämoglobingehaltes des Blutes auf 43,5 nach.

Exstirpation der Milz, die geschwollen und saftig gefunden wird und sehr zahlreiche kernhaltige rothe Zellen aufweist, öfter zu kleinen Haufen gruppirt.

VII. Versuch. — Kräftiger Hund, 3500 Gramm schwer. Blutentziehung von 3,94 % des Körpergewichts. Nach vier Tagen ist der Hämoglobingehalt des Blutes auf 58,4 herabgesetzt. Das Thier wird getödtet.

Die Milz ist wenig vergrössert und enthält spärliche kernhaltige rothe Zellen, während das Knochenmark der Rippen und der Röhrenknochen sehr reichlich damit ausgestattet ist.

VIII. Versuch. — Erwachsener Hund, Mischling oder Pinch-Race, 4200 Gramm schwer. Blutentziehung von 3,7 % des Körpergewichts; nach drei Tagen eine zweite von 2,6 %; nach weiteren sechs Tagen eine dritte von 1,1 %. Zwei Tage nach dem letzten Aderlasse frisst das Thier wenig, ist sehr abgezehrt und auf das Körpergewicht von 3148 Gramm gesunken. Der Hämoglobingehalt seines Blutes ist auf 40 heruntergekommen. Das Thier wird getödtet.

Milz wenig geschwollen und saftig, weist eine mässige Anzahl rother kernhaltiger Zellen auf.

Das Mark der Röhrenknochen zeigt vereinzelte Zellen dieser Art.

Das Knochenmark der Rippen ist mit einer ziemlichen Anzahl derselben versehen.

IX. Versuch. — Jagdhund erwachsen, kräftig, 17,000 Gramm schwer. Blutentziehung von 3,02 % des Körpergewichtes; nach vier Tagen eine zweite von 2,48 %; nach weiteren vier Tagen ist der Hämoglobingehalt des Thieres auf 46,7 gesunken. Das Thier wird getödtet.

Die Milz enthält spärliche kernhaltige rothe Zellen.

Im Marke der Röhrenknochen erscheint eine dünne peripherische Schicht roth gefärbt und weist zahlreiche kernhaltige rothe Zellen auf, während der centrale Theil fettig ist.

Das Mark der Rippen enthält die besagten Zellen in grosser Anzahl.

X. Versuch. — Kräftiger Hund gemischter Raçe, 10,5 Gramm schwer. Blutentziehung von 1,52% des Körpergewichts. Nach 10 Tagen erweist sich der Hämoglobingehalt des Blutes auf 62 gesunken.

Die Milz wird exstirpirt; sie enthält keine kernhaltigen rothen Zellen.

XI. Versuch. — Erwachsene Hündin, von gemischter Pinch-Raçe, 2250 Gramm schwer. Blutentziehung von 1,73% des Körpergewichts; nach fünf Tagen eine zweite von 2,08%. Nach weiteren zwei Tagen erweist sich das Körpergewicht um 100 Gramm vermindert, der Hämoglobingehalt des Blutes auf 45 gesunken. Das Thier wird getödtet.

Milz sehr geschwollen und saftig, enthält eine überaus grosse Menge kernhaltiger rother Zellen, welche hie und dort zu Haufen gruppirt erscheinen.

Das Mark der Röhrenknochen und der Rippen ist ebenfalls reich an solchen Zellen.

XII. Versuch. — Pudelhund, kräftig, erwachsen, 5600 Gramm schwer. Blutentziehung von 2,98% des Körpergewichts; nach vier Tagen eine zweite von 3,21%, nach weiteren fünf Tagen eine dritte von 2,14%. Drei Tage nach dem letzten Aderlasse war der Hämoglobingehalt des Blutes auf 58,2 gesunken. Das Thier wird getödtet.

Die Milz enthält eine ansehnliche Menge charakteristischer rother kernhaltiger Zellen, nebst vielen andern von minder gesättigter Färbung.

Das Mark der Rippen enthält viele rothe kernhaltige Zellen, die aber, gleich denen der Milz, blass sind.

Im Marke der Röhrenknochen sind diese Zellen nur spärlich vertreten.

XIII. Versuch. — Erwachsene Hündin gemischter Race, 6660 Gramm schwer, ziemlich schlecht genährt. Ein erster Aderlass von 5% des Körpergewichts; nach vier Tagen ein zweiter von 2,55%; nach weiteren zwei Tagen ein dritter von 2,1%. Das Thier ist jetzt sehr heruntergekommen, hat 760 Gramm von seinem Körpergewicht verloren und erweist sich der Hämoglobingehalt seines Blutes, zwei Tage nach dem letzten Aderlasse, auf 42,7 gesunken. Das Thier wird getödtet.

Die Milz ist klein, wenig saftig, und enthält wenige, aber recht deutliche, kernhaltige rothe Zellen.

Das Mark der Röhrenknochen ist nur an den Epiphysen mit kernhaltigen rothen Zellen versehen; in den Diaphysen ist es dagegen fettig.

Das Mark der Rippen weist eine unerhebliche Anzahl solcher Zellen auf.

XIV. Versuch. — Kräftiger Hund gemischter Raçe, 6030 Gramm schwer. Blutentziehung von 3,5% des Körpergewichts; nach vier Tagen eine zweite von 3%; nach weiteren fünf Tagen eine dritte von 2,85%; nach vier Tagen eine vierte von 3,1%; nach sechs Tagen wieder eine fünfte von 2,78%; endlich nach fünf Tagen noch eine sechste und letzte von 2,44% des Körpergewichts. Während dieser wiederholten Blutentziehungen hatte das Thier, mit leichten Abwechselungen, gleich nach jedem Aderlasse reichlich zu fressen und zu trinken fortgefahren. Sein Körper-

gewicht ist wenig vermindert, während der Hämoglobingehalt auf den elenden Werth von 25,7 gesunken ist (immer, wie gesagt, den ursprünglichen Hämoglobingehalt, vor den Aderlässen, = 100 gesetzt). Vier Tage nach dem letzten Aderlasse wird das Thier getödtet.

Die Milz ist sehr stark geschwollen und saftig und weist eine enorme Menge kernhaltiger rother Zellen auf.

Das Mark der Rippen enthält solche Zellen fast in gleicher Menge wie die Milz.

Das Mark der Röhrenknochen enthält solche nur an einzelnen Punkten der Diaphyse, während es im übrigen Theile fettig ist.

XV. Versuch. — Kräftiger erwachsener Pudelhund, 12,9 Gramm schwer. Ein erster Aderlass von 2,3% des Körpergewichts; nach sieben Tagen ein zweiter von 3%; nach zwei Tagen ein dritter von abermals 3%; nach weiteren zwei Tagen noch ein vierter von 3%. Drei Tage nach diesem letzten Aderlasse erweist sich der Hämoglobingehalt des Blutes auf 39 gesunken. Nach dem vorletzten Aderlasse war das Körpergewicht um 500 Gramm gestiegen. Sechs Tage nach dem letzten Aderlasse wurde das Thier getödtet.

Milz geschwollen und saftig, enthält rothe kernhaltige Zellen in grosser Menge.

Im Marke der Rippen sind solche Elemente in noch grösserer Anzahl als in der Milz enthalten.

Das Mark der Röhrenknochen ist vollkommen fettig.

Wir übergehen zahlreiche andere Versuche, die, wiewohl von uns zu anderen Zwecken angestellt, dennoch wesentlich in ihren Ergebnissen mit den obigen übereinstimmen, die als typisch und charakteristisch anzusehen sind und als solche eine genaue Erwägung verdienen.

Die wichtigste Thatsache, die sich aus diesen Versuchen ergiebt, ist das häufige Vorkommen rother kernhaltiger Zellen in der Milz anämisch gemachter Thiere. Bei einigen Versuchen jedoch, wie z. B. beim VIII. und XIII., enthielt die Milz nur wenige derartige Elemente; bei noch anderen, wie z. B. beim X., fand sich die Milz, trotz den reichlichen Blutentziehungen, völlig frei von rothen kernhaltigen Zellen. Wir können noch heutzutage nicht aussagen, wovon diese Abweichungen abhängen mögen; doch vermögen diese spärlichen negativen Resultate den Werth der zahlreichen positiven Ergebnisse gewiss nicht zu schmälern.

Charakteristisch ist das makroskopische Ansehen, das die Milz

bei den Meerschweinchen sowohl als bei den Hunden nach reichlichen Blutentziehungen gewinnt. Sie wird nämlich rosafarben, stark geschwellt. Unter dem Messer erscheint sie weich und saftig, was besonders bei Hunden einen schroffen Gegensatz zum normalen Verhalten der Milz, bei welchem sie hingegen sehr arm an Pulpa gefunden wird, bedingt. Die Summe dieser Merkmale erlaubt schon bei der Untersuchung mit blossem Auge vorauszusehen, ob die Milz gekernte rothe Zellen enthalte oder nicht.

Was die mikroskopische Untersuchung der Milzpulpa und des Knochenmarkes anlangt, so haben wir dieselbe stets in frischem Zustande angestellt, wobei wir die Elemente entweder in der eigenen Feuchtigkeit des Milzgewebes untersuchten (was den Vortheil gewährt, die einzelnen Elemente, besonders wenn sie sehr blass sind, deutlicher hervortreten zu lassen), oder aber in einer indifferenten Flüssigkeit. Dabei zogen wir im Allgemeinen starke Objecte in Anwendung, wie z. B. Hartnack IX. oder dessen Immersionslinse X. und Gundlach, Immersionslinse VII. — Die Beachtung all dieser Einzelheiten ist eben nothwendig, damit man nicht den zweifach möglichen Missgriff begehe, dass man etwa für rothe Körperchen solche nimmt, die es gar nicht sind, oder umgekehrt, wahre rothe Körperchen übersieht. Und der Vernachlässigung dieser Cautele ist es vielleicht zuzuschreiben, wenn manche unserer Vorgänger, die ihre Untersuchungen unter sonst gleichen Bedingungen wie wir anstellten, keine kernhaltigen rothen Zellen vorgefunden haben.

Die kernhaltigen rothen Körperchen in der Milz präsentiren sich mit all denselben Kennzeichen, welche den gleichnamigen Elementen zukommen, die man in der Milz beim Fötus und im Knochenmarke auch während des Extrauterinlebens antrifft. Wir nahmen an ihnen die interessante Erscheinung wahr, dass wenn die indifferenten Salzlösungen, womit wir häufig das Präparat der Milzpulpa diluirten, durch Verdunstung etwas zu concentrirt wurden, sie in ähnlicher Weise einschrumpften, wie dies die vollkommenen rothen Blutkörperchen thun: ein Beweis mehr für die Uebereinstimmung ihrer Substanz mit der der eben genannten fertigen Blutkörperchen. Und dieser Um-

stand ist um so bemerkenswerther, als die übrigen zelligen Bestandtheile der Milzpulpa keine derartige Schrumpfung erleiden. Uebrigens haben wir die Untersuchungsmethoden und die Reagenzien (wie z. B. das Eosin), die zur sichereren Erkenntniss der rothen Blutkörperchen beitragen, nicht anzuwenden unterlassen.

Nachdem wir auf solche Weise die hohe hämatopoëtische Leistungsfähigkeit der Milz kennen gelernt hatten, wollten wir an unseren Versuchsthieren, die wir nach wiederholten Blutentziehungen opferten, auch noch das Milzvenenblut prüfen, um zu ermitteln, ob die in der Milzpulpa nachweisbaren rothen kernhaltigen Zellen als solche in den Kreislauf übergingen. Nun gelang es uns nur an einem Meerschweinchen und an einem Hunde, im kreisenden Blute der Milzvene einzelne kernhaltige rothe Zellen nachzuweisen. Beim Hunde fanden sich dieselben auch noch im Leberparenchyme vor, wohin sie offenbar von der Milzvene aus gelangt waren, da sonst keine derartigen Zellen in den anderen Eingeweiden und im übrigen circulirenden Blute nachweisbar waren. — Bei allen Thieren ferner, welche starke Blutverluste erlitten hatten, fanden sich sehr zahlreich im Milzvenenblute jene unregelmässigen Blutkörperchen vor, die im Vergleich zu den normalen grösser und blasser erscheinen und wohl als die neugebildeten Blutkörperchen anzusehen sind.

Bei einigen Thieren haben wir, ausser der mikroskopischen Untersuchung des Milzvenenblutes und des Blutes überhaupt, auch die cytometrische Prüfung mittelst des oben erwähnten Instrumentes angestellt, um den Hämoglobingehalt des Milzarterien- und Milzvenenblutes zu vergleichen. Es ergab sich daraus, dass beim Hunde unter bestimmten Bedingungen das Milzvenenblut reicher an rothen Blutkörperchen ist als das Blut der Milzarterie.

Zur Vervollständigung der Blutuntersuchung wurde ferner das Verhältniss zwischen der Zahl der weissen und der der rothen Blutkörperchen sowohl im Milzarterien- als im Milzvenenblute bestimmt. Zu diesem Behufe bedienten wir uns des ältesten und einfachsten Verfahrens, welches darin besteht, dass ein Bluttropfen mit einem Tropfen Kochsalzlösung verdünnt wird, um darin, unter An-

wendung eines in viereckige Felder abgetheilten Oculars, die weissen und die rothen Körperchen direct zu zählen und so ihr gegenseitiges numerisches Verhältniss zu bestimmen, das sodann beliebig, nach einfacher geometrischer Proportion, auf 100 oder 1000 rothe Körperchen oder auf 1 weisses umgerechnet werden kann. — Dass dieses Verfahren genauer ist, als die neulich in Gebrauch gekommenen, bei denen die Instrumente von **Hayem** oder **Malassez** in Anwendung gezogen werden, das wurde von einem Schüler unseres Laboratoriums durch eine Reihe von Untersuchungen nachgewiesen, deren Ergebnisse binnen Kurzem veröffentlicht werden sollen.

Hier die Resultate einiger von unseren Untersuchungen:

I. Versuch. — Hund des XI. Versuches. Die cytometrische Bestimmung des Hämoglobingehaltes ergiebt:

für das Milzarterienblut 45,7,
für das Milzvenenblut 49,9.

Das numerische Verhältniss der weissen Blutkörperchen zu den rothen beträgt:

im Milzarterienblute 1 : 598,
im Milzvenenblute 1 : 368.

II. Versuch. — Hund vom VI. Versuche. Die Zahl der weissen Blutkörperchen verhält sich zu der der rothen:

im Milzarterienblute wie 1 : 678,
im Milzvenenblute wie 1 : 269.

III. Versuch. — Hund vom XII. Versuche. Der Hämoglobingehalt beträgt:

im Milzarterienblute 59,6,
im Milzvenenblute 66,03.

Die Zahl der weissen Blutkörperchen verhält sich zu der der rothen:

im Milzarterienblute wie 1 : 259,
im Milzvenenblute wie 1 : 115.

IV. Versuch. — Sehr junger Pudelhund, 6780 Gramm schwer, hatte zu keinem früheren Versuche gedient. Zwei Stunden nach der Mahlzeit wird die Bauchhöhle eröffnet und der Hämoglobingehalt des Blutes in den zu- und abführenden Gefässen der Milz bestimmt. Er beträgt:

im Milzarterienblute 100,
im Milzvenenblute 109.

Die Zahl der weissen Blutkörperchen verhält sich zu der der rothen:

im Milzarterienblute wie 1 : 425,
im Milzvenenblute wie 1 : 277.

Die Milz enthält sehr zahlreiche kernhaltige Zellen.

V. Versuch. — Ganz junger kleiner Hund, kaum aufgesäugt, 1560 Gramm

schwer. Nach Eröffnung der Bauchhöhle ergiebt die cytometrische Bestimmung des Hämoglobingehaltes:

im Milzarterienblute 100,
im Milzvenenblute 111.

Die gleichzeitig nach der gewöhnlichen Methode unter dem Mikroskope vorgenommene Zählung der Blutkörperchen ergiebt:

im Milzarterienblute 1 weisses auf 180 rothe,
im Milzvenenblute 1 weisses auf 150 rothe.

Die Milz enthält viele rothe kernführende Zellen.

Zwar wurden die beiden letzten Versuche an Thieren angestellt, die keinen Aderlässen unterworfen worden waren; doch betrafen sie junge Thiere, deren Milz noch reichlich mit rothen kernhaltigen Zellen ausgestattet war, wie sie es bei Erwachsenen nach Aderlässen in noch höherem Grade zu sein pflegt. Zu beiden Fällen lieferten unsere Untersuchungen ein positives Resultat, indem wir immer das aus der Milz austretende Blut hämoglobinreicher fanden, als das Milzarterienblut, ein Gegensatz, der in unserem Falle nur von der absoluten oder relativen Zunahme des Gehaltes an rothen Blutkörperchen in dem durch die Milz durchgegangenen Blute herrühren konnte. Gleichzeitig sehen wir, dass das Milzvenenblut an weissen Körperchen reicher geworden ist.

Bei dieser Gelegenheit müssen wir nochmals auf die Untersuchungen **Neumann's** [1]) zurückkommen, den **Cohnheim** [2]) den competentesten Mann in dieser Sache nennt. **Neumann** konnte sich nämlich nicht überzeugen, dass in der That das numerische Verhältniss der weissen Blutkörperchen zu den rothen im Milzvenenblute grösser sei, als im Blute der Milzarterie. Im Gegensatze hierzu gewinnen in dieser Frage die Ergebnisse unserer Versuche an anämisch gemachten erwachsenen und an gesunden jungen Thieren insofern ein grosses Gewicht, als sie den Einwurf nicht zulassen, die Zunahme der weissen Blutkörperchen könne nur relativ sein und von der in der Milz fortwährend stattfindenden Zerstörung der rothen Körperchen abhängen: denn wir haben neben der relativen Zunahme der weissen Blutkörperchen vielmehr eine gleichzeitige Zunahme des Hämoglobinge-

[1]) Neumann: a. a. O.

[2]) Cohnheim: Lehrbuch der allgemeinen Pathologie. 1878.

haltes im Milzvenenblute nachgewiesen, die nur auf einer absoluten Vermehrung der rothen Blutkörperchen beruhen konnte und daher zum Schlusse nöthigt, dass auch die Zahl der weissen Blutkörperchen absolut, und zwar in noch höherem Maasse, vermehrt war.

Somit ist das Ergebniss unserer Untersuchungen vollständig und in doppelter Hinsicht den Resultaten **Neumann's** und **Freyer's** widersprechend, indem wir an anämisch gemachten Thieren (Hunden und Meerschweinchen) ebensowohl die lienale Neubildung farbloser Blutkörperchen bestätigten, als andrerseits, wie man höher oben gesehen hat, die eigentlich hämatopoëtische Thätigkeit der Milz, ihre Betheiligung an der Production der farbigen Blutkörperchen, ausser Zweifel gestellt haben. — Hätten übrigens die genannten Forscher ihre Untersuchungen nicht auf die Kaninchen beschränkt, so wären sie wohl zu denselben Resultaten gelangt wie wir.

Was die Embryonalmilz anlangt, so haben die Untersuchungen, die einer von uns im Verein mit **Foa** [1]) angestellt, die blutbildende Verrichtung derselben auf's bestimmteste dargethan.

War nun einmal die hämotopoëtische Function der Milz bei blutarm gemachten Thieren nachgewiesen, so blieben zwei nahe liegende Fragen zu beantworten: erstens, in wie weit sich die Geschwindigkeit des Blutersatzes nach Aderlässen anders bei entmilzten Thieren gestalte als bei solchen mit unversehrter Milz; und zweitens, welchen Einfluss die Exstirpation der Milz auf die Blutmasse überhaupt ausübe? — Einige Untersuchungen darüber haben wir selbst angestellt; andere ähnliche sind von früheren Autoren, sowie neuerdings von **Picard** und **Malassez** [2]) bekannt gemacht worden, welche letzteren Forscher zum Schlusse gelangt sind, dass bei entmilzten Thieren ebenso gut wie bei denen mit intacter Milz das Blut recht bald auf das ursprüngliche quantitative Maass zurückgebracht wird; und ferner, dass die Ex-

[1]) Foa e Salvioli: Sull' origine dei globuli rossi del sangue. Archivio per le scienze mediche, Vol. IV, pag. 1.

[2]) Picard et Malassez: Des altérations des globules sanguins consécutives à l'exstirpation de la rate. Soc. biol., 23. Mars 1878.

stirpation der Milz allerdings einen Einfluss auf den Hämoglobingehalt des Blutes ausübe, und zwar denselben vermindere, nicht aber auf den Gehalt an Blutkörperchen, der vielmehr auf die normale Höhe zurücksteigt: und das Alles unabhängig von dem operativen Trauma.

Unsere wenigen Versuche (3 an Meerschweinchen, 4 an Hunden) lieferten widersprechende Resultate, vielleicht wegen der minder günstigen hygieinischen Bedingungen, unter welchen wir die Thiere halten mussten. So sahen wir bei einem entmilzten Hunde, bei dem der nach antiseptischer Methode angelegte sehr kleine laterale Einschnitt in kurzer Zeit verheilte, und bei welchem ein Aderlass von 2,50 % des Körpergewichts gemacht worden war, das Blut fast ebenso rasch auf nahezu seinen ursprünglichen Hämoglobingehalt zurückkehren, wie bei anderen, vergleichshalber venaesecirten Thieren mit unversehrter Milz; bei einem anderen Hunde dagegen, bei welchem eine ähnliche Blutentziehung gemacht und die Milz nach der gewöhnlichen Methode exstirpirt worden war, hatte das Blut auch nach mehreren Monaten seinen normalen Hämoglobingehalt noch bei weitem nicht erreicht. Bei beiden Hunden übrigens war das Körpergewicht unverändert geblieben.

Wurde die Milz bei ganz gesunden Hunden exstirpirt und wurden dieselben vor und nach der Operation unter günstigen hygieinischen Bedingungen gehalten, so ereignete sich, auch wenn die Wunde per primam intentionem heilte, eine langsame und allmälige Verminderung des Hämoglobingehaltes des Blutes; auf einer gewissen Stufe hörte aber dieselbe auf und näherte sich der Hämoglobingehalt sehr langsam wieder dem ursprünglichen Werthe, ohne jedoch diesen während der Dauer unserer Versuche wirklich je zu erreichen. Um dem Einwurfe vorzubeugen, dass die Verminderung des Hämoglobingehaltes nicht eben von der Exstirpation des Organs, sondern von dem traumatischen Eingriffe überhaupt abhängen könnte, haben wir Gegenversuche angestellt, wo wir die Bauchwände in gleicher Ausdehnung spalteten und möglichst den Hergang einer Exstirpation der Milz nachahmten, ohne aber das Organ wirklich zu entfernen, und dann war das cytometrische Verhalten des Blutes ganz anders: der anfangs leicht verminderte Hämoglobingehalt wurde bald wieder normal.

Ueber diesen Gegenstand wären noch weitere, unter wechselnden Verhältnissen anzustellende Versuche nöthig, wie wir sie in der Zukunft zu unternehmen gedenken.

Die obigen aber haben wir dennoch anführen wollen, weil auch sie schon auf einen Einfluss der Milz auf die Blutbildung deuten.

Indem wir bei der Blutbildung überhaupt auf die Bildung kernhaltiger rother Blutkörperchen das grösste Gewicht legen, haben wir in Betreff der lienalen Blutbildung aus der blossen Gegenwart dieser Elemente auf das Wiedererwachen der hämatopoëtischen Function in der Milz geschlossen. Diese rothen kernhaltigen Zellen, die beim Erwachsenen während des ganzen Lebens constant im Knochenmarke vorkommen, in der Milz aber (wie wir eben dargethan) bei bestimmten anämischen Zuständen angetroffen werden, sind mit denen identisch, die sich im fötalen Blute vorfinden, und stellen nur Uebergangsformen von farblosen Elementen zu den vollkommenen rothen Blutkörperchen dar.

Wir hätten an das Alles nicht zu erinnern nöthig gehabt, wenn nicht neulich mehrere französische Schriftsteller [1]), die sich viel mit Hämatogenese beschäftigt, aber bisher noch die kernhaltigen rothen Blutkörperchen nicht unterscheiden gelernt haben, zur Erklärung der ununterbrochenen Erneuerung der rothen Blutkörperchen eine alte Theorie wieder aufgewärmt hätten, wonach die ebengenannten fertigen Elemente des Blutes von gewissen constant im Blute vorkommenden kleinen Körnchen, die deshalb von jenen Autoren als Hämatoblasten oder Keime der rothen Blutkörperchen bezeichnet werden, abstammen sollen. Es ist dies eine aller festen Grundlage entbehrende Hypothese, die als solche keiner Widerlegung bedarf. Nur wünschen wir, dass es einmal den genannten Beobachtern vergönnt werde, die kernhaltigen rothen Körperchen (die ihnen jederzeit zu Gebote stehen) kennen zu lernen und den Unterschied einzusehen, der zwischen diesen Gebilden und den himmelweit davon abstehenden Blutkörperchen haltigen (d. h. farbige Blutkörperchen enthaltenden) Zellen

[1]) Hayem: Recherches sur l'évolution des ématies dans le sang des hommes et des vertébrés. Archives de Physiologie. Pouchet: De l'origine des ématies. Soc. biologique, 2. Mars 1878.

besteht. So werden sie auch ein maassgebenderes Urtheil über die hämotopoëtische Function des Knochenmarkes gewinnen können.

Was wir oben niedergelegt haben, ist schon an und für sich eine Antwort auf die Frage, die sich manche gestellt haben [1]): Kehrt nach einer Hämorrhagie das Blut dadurch zu seiner normalen morphologischen Zusammensetzung zurück, dass die Production farbiger Blutkörperchen über das normale Maass gesteigert wird, oder dadurch, dass der Verbrauch der bleibenden Körperchen unter die Norm sinkt? Letztere Annahme stände im vollen Einklange mit gewissen Erscheinungen, die nach copiösen Blutverlusten beobachtet werden, namentlich mit dem Blasswerden des Harns, der schwächeren Färbung der Galle und überhaupt der niedergedrückten functionellen Leistung sämmtlicher Organe. Wenn Solches auch nicht zu läugnen ist, so lehren auf der andern Seite unsere Untersuchungen, dass im Zustande der Oligocythämie die Production farbiger Blutkörperchen gesteigert ist, und dabei namentlich auch Bedingungen auftreten, wodurch Eingeweide, die längst alle blutbildende Thätigkeit eingestellt hatten, zum Wiedererwachen einer solchen befähigt werden.

Anhangsweise wollen wir noch bemerken, dass wir bei unseren Versuchsthieren, die in anämischen Zuständen verschiedenen Grades und nach verschiedener Dauer solcher Zustände geopfert wurden, stets sämmtliche Eingeweide und insbesondere das Herz untersucht haben, um zu sehen, ob nicht darin die vielfach beschriebene fettige Entartung nachweisbar wäre. Nun fanden wir bei unseren Hunden (obgleich einige von ihnen seit gar mehr als einem Monate hochgradig anämisch unterhalten wurden) nie fettige Degeneration des Herzens, geschweige denn anderer Eingeweide, vor: weshalb wir anzunehmen bemüssigt sind, dass die besagte Entartung keineswegs so häufig auftritt und zur Beobachtung kommt, als gemeiniglich vorausgesetzt und beschrieben wird.

Turin, Juli 1879.

---

[1]) Cohnheim: Vorlesungen über allgemeine Pathologie.

XXII.

Ueber die Aenderungen, welche der Hämoglobingehalt des Blutes in Folge von Blutentziehungen erfährt.

Untersuchungen

von

Prof. **G. Bizzozero** u. Dr. **G. Salvioli.**

Die Zahl der bisher ersonnenen technischen Hülfsmittel zur Bestimmung des Hämoglobingehaltes hat neuerdings einer von uns [1]) durch die Erfindung des Chromo-Cytometers bereichert. Dieses Instrument gewährt vor anderen zu gleichem Zwecke dienenden Mitteln den hoch anzuschlagenden dreifachen Vorzug, dass es leicht zu handhaben ist, eine grosse Genauigkeit in den Bestimmungen zu erreichen gestattet und zu seiner Anwendung nur sehr geringe Blutmengen, die bis auf 10 Cub.-Millim. sinken können, erheischt. Dieser letztere Umstand war für uns, bei der Vornahme der hier mitzutheilenden Untersuchungen, besonders willkommen, denn es galt, die Aenderungen, welche der Hämoglobingehalt des Blutes in verschiedenen Zeiträumen nach einem Aderlasse erfährt, zu verfolgen, wozu selbstverständlich wiederholte Bestimmungen und daher auch ebenso viele Blutentziehungen erforderlich waren; und sollten dieselben, bei ihrer grossen Anzahl, auch einigermaassen an sich erheblich sein, so hätten sie ihrerseits die Menge und Mischung des circulirenden Blutes beeinflussen und so die Ergebnisse der gedachten Untersuchungen verfälschen müssen.

Zwar hatten einige unserer Vorgänger auf diesem Gebiete zur quantitativen Bestimmung des Hämoglobins Verfahren in Anwendung

[1]) Bizzozero: Il Cromo-citometro (Atti della R. Accademia delle scienze di Torino, 1879).

gezogen, zu denen es ebenfalls nur ganz geringer Blutmengen bedurfte: doch gewährten die betreffenden Methoden bei weitem nicht den Grad von Genauigkeit, wie er beim Gebrauche des Chromo-Cytometers erreichbar ist. Die genaueste darunter war noch die auf der Zählung der rothen Blutkörperchen beruhende Welcker'sche Methode, doch auch bei allen möglichen Cautelen war die Anwendung derselben noch immer mit dreimal breiteren Fehlergrenzen verknüpft als unser chromo-cytometrisches Verfahren, und war daher zum Nachweise geringer, oft auch wichtiger Differenzen des Hämoglobingehalts ungeeignet [1]). Dabei sehen wir noch von dem Umstande ab, dass ja die farbigen Blutkörperchen selbst keinen constanten Hämoglobingehalt besitzen, weshalb ihre Zahl nicht immer für den gesammten Hämoglobingehalt des Blutes maassgebend sein kann.

Unsere Untersuchungen wurden an Hunden, Kaninchen und Meerschweinchen angestellt; die meisten jedoch nur an Hunden, weil bei den anderen beiden Thierarten das entzogene Blut mühsam ersetzt, wiederholte Blutverluste daher schlecht ertragen werden, überdies unsere Kaninchen öfters mit Cysticerken und Psorospermen behaftet waren, was auf das Ergebniss der Versuche störenden Einfluss ausübte. — Das Blut wurde gewöhnlich aus den Halsvenen entzogen, und zwar mittelst möglichst kleiner Einschnitte und unter Anwendung sonstiger antiseptischer Cautelen, wodurch sehr oft die Vereinigung per primam erzielt wurde. Bei vielfach wiederholten Aderlässen wurden auch die Venen der hinteren Extremitäten benutzt. — Das entzogene Blut wurde sorgfältig aufgefangen und gewogen, worauf das Gewichtsverhältniss, in welchem es zum Körpergewichte vor der Blutentziehung stand, berechnet wurde. Sowohl vor als in verschiedenen Perioden nach der Blutentziehung wurde die cytometrische Untersuchung angestellt, zu welchem Zwecke eine Vene des äusseren Ohres blossgelegt, eingeschnitten und mittelst der Pipette des Cytometers das Blut aufgefangen wurde, um jedoch nur in dem Falle verwerthet zu werden,

[1]) Bezüglich der vergleichenden Genauigkeit der einzelnen Methoden verweisen wir auf die o. a. Arbeit von Bizzozero.

wenn es frei und reichlich hervortrat. Nach Gewinnung der zur Cytometrie bestimmten Blutmenge wurde die Blutung durch Fingerdruck oder dadurch sistirt, dass ein Korkpfropf an die Concavität der Ohrenmuschel applicirt und durch festes Umbinden der letzteren mit einem schmalen Bändchen fixirt wurde. So diente zum Vergleiche jedesmal eine gleiche Blutart. In besonderen Fällen übten und wiederholten wir die Cytometrie auch am Blute derselben Vene, die zum Aderlasse diente; so z. B. wenn wir die Aenderungen, die der Hämoglobingehalt im Laufe des Aderlasses selbst, durch rasche Verminderung der im Körper vorhandenen Blutmenge, erfuhr, verfolgen wollten. In solchen Fällen nämlich verglichen wir das gleich am Anfange des Aderlasses extravasirte Blut mit demjenigen, welches nach der Entleerung von 50 Cub.-Centim. aus der Vene kam. — Auf die hygieinische Verpflegung der Thiere haben wir die grösste Sorgfalt verwendet, fütterten dieselben mit reichlicher und gemischter Kost, konnten aber den minder günstigen Einfluss nicht ausschliessen, den der Aufenthalt in den zwar weiten, doch wenig gelüfteten Kellerräumen tes Laboratoriums mit sich brachte.

Schon viele Forscher (Welcker, Vierordt, Heidenhain, Panum u. A. m.) hatten sich mit den Aenderungen, welche der Hämoglobingehalt des Blutes nach dem Aderlasse erfährt, beschäftigt. Sie hatten festgestellt, dass der Procentgehalt des Blutes an Hämoglobin nach Aderlässen abnimmt, und dies zwar wegen der Resorption plasmatischer Flüssigkeit aus den Geweben zum Ersatze des entzogenen Blutvolumens. Eine solche Resorption kann auch nach vorgängiger Unterbindung des Ductus thoracicus [1]) Statt finden und erfolgt offenbar in ergiebigem Maasse schon während des Aderlasses, da die letzten Portionen des Aderlassblutes bereits hämoglobinärmer sind als die ersten.

Der Chromocytometer erlaubt die Richtigkeit dieser experimentellen Ergebnisse leicht und in kurzer Zeit zu bestätigen.

Doch diese Ergebnisse drängen die Frage auf, wie lange der

[1]) Lesser: Ueber die Anpassung der Gefässe an grosse Blutmengen (Berichte der math.-phys. Classe der k. sächs. Gesellsch. der Wissensch. 1874).

Hämoglobingehalt auf solche Weise abzunehmen fortfahre. — Zur Beantwortung dieser Frage haben wir nach dem Aderlasse die Cytometrie zu wiederholten Malen sowohl an demselben als an den nächstfolgenden Tagen angestellt, und fanden, dass sich in dieser Hinsicht nicht alle Thiere in gleicher Weise verhalten. Bei einigen ist die Abnahme sehr rapid und sinkt der Hämoglobingehalt schon wenige Stunden nach dem Aderlasse auf sein Minimum. So war es z. B. bei dem Hunde, der zum Versuche A 34 gedient hat, wo die entzogene Blutmenge 1,49 % des Körpergewichtes betrug: den ursprünglichen Hämoglobingehalt = 100 gesetzt, war derselbe schon gegen das Ende des Aderlasses auf 94,3, 6 Stunden 30 Minuten nach der Venaesection auf 77 gesunken, um sich im Laufe des nächsten Tages auf circa 76 zu erhalten. Man darf darnach annehmen, dass der minimale Hämoglobingehalt bereits am ersten Tage erreicht worden war, da die Differenz von 1 Procent (des ursprünglichen Gehaltes) zwischen den Zahlen, den der Hämoglobingehalt einerseits 6 Stunden nach dem Aderlasse, andrerseits am folgenden Tage aufgewiesen hatte, so gering ist, dass sie innerhalb der Fehlergrenzen liegt.

In anderen Fällen blieb der Hämoglobingehalt viel länger in Abnahme begriffen:

Versuch A 24. **Kaninchen.** Blutverlust = 1,13 % des Körpergewichtes.

Hämoglobin-Gehalt

ursprünglich	nach dem Aderlasse					
	1 Stunde	3 Stunden	12 Stunden	24 Stunden	31 Stunden	48 Stunden
100	78,7	74,5	69,7	66,0	64,5	78,0

Bei diesem Versuche wurde die fortschreitende Abnahme des Hämoglobingehaltes zuletzt 31 Stunden nach dem Aderlasse nachgewiesen. 48 Stunden nach dem Aderlasse hatte der Gehalt schon sehr erheblich wieder zugenommen.

Versuch Nr. 33. **Hund.** Blutverlust = 3,5 des Körpergewichts.

Hämoglobingehalt

ursprünglich	nach dem Aderlasse.				
	1/4 Stunde	17 Stunden	24 Stunden	48 Stunden	72 Stunden
100	84,9	74,2	67,7	62,3	64,3

Hier blieb der Hämoglobingehalt zweimal 24 Stunden hindurch in Abnahme begriffen, und erst am dritten Tage finden wir bereits eine Wiederzunahme desselben eingeleitet. — Auch in diesen Fällen übrigens, wo der Hämoglobingehalt nur langsam gegen sein Minimum sinkt, erfolgt dieses Sinken nicht gleichmässig, sondern anfänglich in der unmittelbar auf den Aderlass folgenden Periode sehr rasch, sodann immer langsamer, wie dies aus den beiden eben gegebenen Tabellen ersichtlich und wie wir es auch ausnahmslos bei zahlreichen anderen Versuchen, die wir nicht eingehender anzuführen brauchen, bestätigt fanden.

Worauf die so starken individuellen Verschiedenheiten in der Dauer des Zeitraumes, binnen welchem der Hämoglobingehalt sinkt, beruhen, haben wir nicht zu ermitteln vermocht. Die Grösse des Blutverlustes scheint darauf keinen Einfluss zu üben. Sollten hier aber nicht etwa Alter und Gesundheitszustand der Thiere maassgebend sein? — Uns ist allerdings manch kränkliches Thier unter die Hände gekommen, bei dem die fortschreitende Abnahme des Hämoglobingehaltes sehr lange anhielt; doch die Spärlichkeit unseres Materials gestattet uns nicht zu behaupten, dass es sich bei kränklichen oder heruntergekommenen Thieren immer so verhalte. Sollte dies übrigens der Fall sein, so wäre es auch denkbar, dass bei solchen Thieren die Abnahme des Hämoglobingehaltes nicht bloss auf Rechnung der Dilution des Blutes zu setzen sei, sondern zum Theil auch von einem beschleunigten Zerfalle des Hämoglobins abhinge: dass mit andern Worten nicht nur der Procentgehalt des Blutes an diesem Stoffe, sondern auch die absolute Menge des letzteren im Blute sinke.

Zwei weitere Fragen, deren Beantwortung unser Interesse in Anspruch nahm, waren diese: ob die Verarmung des Blutes an Hämoglobin in einem bestimmten Verhältnisse stehe zur Menge des entzogenen Blutes? — und ob kleine Blutverluste ebenfalls zur Verminderung des Hämoglobingehaltes Anlass geben?

Eine Antwort hierauf hatte schon Lesser[1]) zu geben gesucht.

[1]) Lesser: Ueber die Vertheilung der rothen Blutscheiben im Blutstrome (Arch. f. Anatomie u. Physiologie. Physiol. Abth. 1878.

Nach einer Reihe von Versuchen über die Vertheilung der rothen Blutkörperchen im Blutstrome war er in Betreff des uns beschäftigenden Gegenstandes zu folgendem Ergebnisse gelangt: „Bei Verblutungen „mindert sich der Hämoglobingehalt nicht proportional der Menge des „gesammten Blutverlustes. Er unterliegt vielmehr denselben Aenderungen, wie sie für den Blutdruck bei Aderlässen festgestellt worden „sind. Wenn die Blutentziehung eine gewisse Grösse nicht überschreitet, so verharrt der Hämoglobingehalt zunächst auf der Norm, „oder steigt selbst vorübergehend über dieselbe. — Hat aber der Blutverlust die Grenze erreicht, bei welcher die entleerte Blutmenge ohngefähr die Hälfte desjenigen Quantums beträgt, welches bei tödtlicher „Verblutung überhaupt gewonnen werden kann, so mindert sich der „Hämoglobingehalt plötzlich, wie der Blutdruck, um bei weiterer „Depletion stetig bis auf einen mit der Lebenserhaltung unverträglichen „Stand zu sinken. — Sehr wahrscheinlich übt die Schnelligkeit der „Verblutung einen Einfluss auf die Grenze des gesammten Blutverlustes, bei welcher die eben erwähnte plötzliche Minderung des Hämoglobingehaltes eintritt.“ Als Grenze, bei welcher das geschieht, wird von Lesser ein Blutverlust von 2,0—4,41, im Mittel 2,9 % des Körpergewichts angegeben.

Wir müssen hervorheben, dass bei Lesser's Versuchen die Aenderungen des Hämoglobingehalts während der Verblutung selbst, also innerhalb eines kurzen Zeitraumes geprüft worden sind. Dagegen konnten wir, da unsere Thiere am Leben erhalten wurden, diese Schwankungen auch in den auf die Blutentziehung folgenden Stunden und Tagen verfolgen: mit anderen Worten, waren wir in der Lage, den finalen Einfluss der Blutentziehung auf den Hämoglobingehalt des Blutes zu bestimmen.

Das mag den Schlüssel zu der Abweichung zwischen unseren und den Lesser'schen Resultaten abgeben.

Wir fanden nämlich:

1. Dass der Hämoglobingehalt auch im Gefolge kleiner, 2 % des Körpergewichts nicht erreichender Blutentziehungen abnimmt.

Zum Belege hierfür wollen wir folgende an Hunden angestellte Versuche anführen.

Versuch.	Entzogene Blutmenge in Hundertsteln des Körpergewichts.	Hämoglobingehalt des Blutes nach dem Aderlasse in Hundertsteln seines ursprünglichen Werthes ausgedrückt.
Nr. 31	1,13	88,3
Nr. 33	1,23	91,8
Nr. 36	1,02	94,4
Nr. 37	1,73	92,8.

Bei diesen Versuchen wurde die Bestimmung des Hämoglobingehaltes zu verschiedenen Zeiten nach der Blutentziehung angestellt. Beim Versuche Nr. 36 war er nach 6 Stunden auf 94,4 gesunken, beim Versuche Nr. 31 nach 7 Stunden nur noch auf 92,1, und erst bei der zweiten Bestimmung, 24 Stunden später, auf 88,3. Bei den Versuchen Nr. 33 u. 37 wurde der Hämoglobingehalt 20, resp. 25 Minuten nach dem Aderlasse bestimmt, und konnte die Bestimmung nicht wiederholt werden, weil der Aderlass zu anderen Zwecken fortgesetzt wurde. Obgleich die Bestimmungen nicht methodisch genug ausgeführt worden waren, so wird es doch, wenn man die zwei letzteren Versuche mit den beiden ersteren vergleicht und die verschiedene Menge des entzogenen Blutes in Anschlag bringt, immerhin wahrscheinlich, dass die Abnahme des Hämoglobingehaltes nach einem leichten Aderlasse nicht mit gleicher Geschwindigkeit bei allen Thieren erfolgt. So war in der That der Hämoglobingehalt beim Versuche Nr. 33 binnen 20 Minuten um 8 %, beim Versuche Nr. 31 binnen 7 Stunden nur um 7,9 % gesunken, was sich nicht durch die geringe Differenz in den entzogenen Blutmengen erklären lässt.

2. Dass die finale Abnahme des Hämoglobingehalts nahezu proportional ist der entzogenen Blutmenge.

Die Versuche, aus denen wir diesen Schluss ziehen, waren ziemlich zahlreich, nämlich 16. Bei der Mehrzahl derselben betrug die Menge des entzogenen Blutes mehr als 2 % des Körpergewichts, denn, wie man oben sah, von Versuchen mit geringeren Mengen des entzogenen Blutes ist nur Versuch Nr. 31 verwerthbar, was dagegen die drei übrigen anbetrifft, so wurde bei einem derselben, Nr. 36, das Ver-

suchsthier wenige Stunden nach der Operation zu anderen Zwecken verwendet, und bei den zwei anderen der Aderlass nach der ersten cytometrischen Bestimmung weiter fortgesetzt.

Wir fassen die Resultate unserer an Hunden angestellten Versuche in folgender Tabelle zusammen, worin die Colonne **A** die Ordnungsnummer der einzelnen Versuche enthält, **B** die entzogenen Blutmengen (in Hundertsteln des Körpergewichts ausgedrückt), **C** die Minima des Hämoglobingehaltes (in Hundertsteln seines ursprünglichen Werthes), **D** die arithmetischen Ergänzungen der vorigen Colonne, also die Maxima der Abnahme des Hämoglobingehaltes (immer in Hundertsteln seines ursprünglichen Werthes), **E** die Verhältnisszahlen dieser Maximalverluste (**D**) des Hämoglobingehaltes zu den in Hundersteln des Körpergewichts ausgedrückten Mengen (**B**) des entzogenen Blutes: mit anderen Worten giebt diese letzte Colonne für jeden Versuch denjenigen Antheil der maximalen Hämoglobingehalts-Abnahme an, der auf je ein als Blut verlorenes Hundertstel des Körpergewichts fällt. Demnach sind die Zahlen der Colonnen **B** und **C** direct den Ergebnissen der Versuche entnommen, während die der Colonne **D** durch Subtraction der Werthe **C** vom ursprünglichen Hämoglobingehalte ($D = 100 - C$), die der Colonne **E** als Theilungsquotiente des Werthes **B** in die Werthe **D** $\left(E = \frac{D}{B}\right)$ berechnet sind.

Tabelle I.

A	B	C	D	E
XIV	2,9	69,0	31	10,7
XV	3,0	68,5	31,5	10,5
XXVI	3,7	55,6	44,4	12,0
XXXI	1,13	88,3	11,7	10,4
XXXIII	3,5	62,3	37,7	10,8
XLVIII	3	60,0	40,0	13,3
XLIX	3,4	57,5	42,5	12,5
L	3,5	58,4	41,6	11,9
L	3,04	62,6	37,4	12,3
L	2,98	68,9	31,1	10,4
L	2,44	74,4	25,6	10,5
LI	2,75	72,3	27,7	10,1
LIII	2,3	72,2	27,8	12,1
LIII	3,0	72,3	27.7	9,2
LVI	3,3	65,1	34,9	10,6
LVII	3,4	61,6	38,4	11,3

Zieht man das Mittel aus den Werthen der Colonne **E**, so erhält man die Durchschnittszahl 11,14, als Mittelwerth für denjenigen Antheil der (in Hundertsteln des ursprünglichen Gehaltes ausgedrückten) Hämoglobin-Abnahme, der auf jedes an Blut verlorene Hundertstel des Körpergewichtes fällt. Mit anderen Worten ist 11,14 der durchschnittliche Verlust an Hämoglobingehalt, welchen das Blut erleiden würde, wenn die entzogene Blutmenge jedesmal $^1/_{100}$ vom Körpergewichte betrüge, vorausgesetzt, dass die Hämoglobinverarmung des Blutes bei jedem einzelnen Thiere eben genau der entzogenen Blutmenge proportional wäre, und dass folglich die Ungleichheit der Einzelwerthe dieser Colonne nicht von der verschiedenen Ergiebigkeit der Aderlässe, sondern von anderweitigen Umständen abhinge.

Da nun diese Werthe, wie ein Blick auf die Colonne **E** lehrt, thatsächlich ungleich sind und sogar zwischen ziemlich breiten Grenzen schwanken (Minimum = 9,2 im Versuche Nr. 53, Maximum 13,3 für Nr. 48), während sie unter einander gleich sein sollten, wenn die Verarmung des Blutes an Hämoglobin nicht nur bei dem einzelnen Thierindividuum, sondern auch von Thier zu Thier durchweg dem Blutverluste proportional wäre, so fragt es sich, wodurch die factische Ungleichheit dieser Werthe in Wirklichkeit bedingt sei. Dadurch etwa, dass die Abnahme des Hämoglobingehaltes eben nicht durchweg von Thier zu Thier der Ergiebigkeit des Aderlasses allein proportionirt sei, sondern individuellen Verschiedenheiten unterworfen sei, indem etwa bei verschiedenen Thierindividuen nach dem Aderlasse das Wasser aus den Geweben zum Ersatze des verlorenen Blutes nicht in gleicher Menge resorbirt werde? Das wäre durchaus nicht undenkbar; doch um dies anzunehmen, hätten wir (was wir leider nicht konnten) vor Allem eine Reihe von Fehlerquellen ausschliessen sollen, und zwar vornehmlich zwei: 1. dass die relative Menge des entzogenen Blutes auf das Körpergewicht des Thieres während des Aderlasses bezogen war, dieses Gewicht aber einen sehr variablen Bestandtheil enthielt, nämlich das Gewicht des Magen- und Darminhaltes; 2. dass, während wir, bei dem verhältnissmässig langen Zeitraume, den die allmälige Abnahme des Hämoglobingehaltes nach einem

Aderlasse in Anspruch nimmt, um den wahren Minimalwerth des Hämoglobingehaltes nicht zu verfehlen, die cytometrischen Bestimmungen in recht kurzen Intervallen hätten wiederholen sollen, wir hingegen, um unsere Thiere (die auch noch zu anderen Versuchen dienen sollten) nicht zu sehr abzuquälen, dieselben am Tage des Aderlasses und an den zwei nächsten Tagen nur ein- oder zweimal täglich einer solchen Prüfung unterwarfen, weshalb uns der volle Werth der Hämoglobinabnahme nicht selten entgangen sein mag.

Wie dem auch sei, bleibt es eine Thatsache, dass die totale Abnahme des Hämoglobingehaltes, wie sie sich aus den Versuchen ergab, von Thier zu Thier nicht einfach in geradem Verhältnisse zu dem Blutverluste stand, sondern anderweitig wechselte; und diese Unbeständigkeit ist es, die uns von dem Unternehmen, eine Reihe von Versuchen zur Bestimmung der Blutmenge bei Thieren anzustellen, abzustehen veranlasste: einem Unternehmen, das uns anfänglich leicht ausführbar geschienen hatte. Die Methode, deren wir uns dabei bedienen wollten, beruhte auf ähnlichen Betrachtungen, wie das dereinst von Valentin eingeschlagene Verfahren, aber doch unter wesentlichen Verbesserungen. Während nämlich Valentin in die Gefässe des Thieres Wasser einspritzte und eine vergleichende Untersuchung des Blutes vor und nach der Injection anstellte, wollten wir eine bestimmte Blutmenge entziehen und den Hämoglobingehalt vor und nach dem Aderlasse, und zwar erst nach spontanem Ersatz des Blutverlustes durch resorbirtes hämoglobinloses Plasma, vergleichen. Es ist nämlich einleuchtend, dass nach einem Aderlasse die finale Verarmung des Blutes an Hämoglobin in umgekehrtem Verhältniss stehen muss zum Blutreichthum des Thieres.

Da beim lebenden Thiere das entzogene Blut durch eine hämoglobinlose wässerige Flüssigkeit ersetzt wird, so folgt daraus, dass, wenn wir eine gewisse Blutmenge entziehen und hierauf den Hämoglobingehalt z. B. um ein Fünftel vermindert finden, der Schluss berechtigt ist, wir hätten eben ein Fünftel von der totalen Blutmenge des Thieres entzogen oder mit anderen Worten, letztere sei das fünffache der entzogenen Blutmenge. Bezeichnen wir mit e und e' den

Hämoglobingehalt des Blutes vor und (in obigem Sinne) nach dem Aderlasse, mit l das entzogene Blutquantum, mit x die gesuchte totale Blutmenge des Thieres, so haben wir:

$$x = \frac{e}{e-e'} \times l.$$

Hätte z. B. ein Thier vor und nach einem Aderlasse von 20 Gramm einen Hämoglobingehalt von 10 und resp. 8 dargeboten, so wäre

$$x = \frac{10}{10-8} \times 20 = 100,$$

d. h. das Thier enthielte in seinen Gefässen 100 Gramm Blut.

Diese Methode hätte den grossen Vortheil, dass sie die Bestimmung der Blutmenge bei einem Thiere, ohne dasselbe zu tödten, gestatten würde, wofür bisher kein leichtes und genaues Verfahren bekannt ist. Doch hat es den Uebelstand, dass man, und zwar aus zwei Gründen, ausser Stand ist, dessen absolute Genauigkeit zu erweisen.

Die Aenderung des Hämoglobingehaltes nach dem Aderlasse hängt nämlich von der Aufnahme hämoglobinlosen Serums in die Blutbahn ab. Nun haben wir gesehen, dass zwar die Menge der so aus den Geweben aufgenommenen Flüssigkeit in einigem Verhältniss stehe zu der Grösse des Blutverlustes, dieses Verhältniss jedoch von Thier zu Thier zwischen ziemlich breiten Grenzen schwankt. Ja, es sind uns einige Fälle, namentlich bei Kaninchen vorgekommen, wo, aus uns unbekanntem Grunde, die Hämoglobin-Abnahme der entzogenen Blutmenge nicht proportional war. So z. B. sank der Hämoglobingehalt bei einem Kaninchen nach einem Aderlasse von 2,7 % des Körpergewichts auf 54,2, während er bei zwei anderen nach Aderlässen von 1,1 und resp. 1,2 % des Körpergewichts auf 64,5 und resp. 68,7 herunterging. Es ist hier eine Fehlerquelle im Spiele, die man erst ermitteln soll, um sie vermeiden zu können.

Bedenkt man ferner, dass der Werth $\frac{e}{e-e'}$ durch die entzogene Blutmenge zu multipliciren ist, so begreift man wohl, wie damit der Fehler wachsen muss.

Fügen wir hinzu, dass wir zwar gezeigt haben, dass die Hämoglobinverarmung des Blutes in einem gewissen Verhältniss stehe zur

Ausgiebigkeit des Aderlasses; nicht aber, dass sie auch zu der intravasalen Blutmenge im Verhältnisse stehe. Es wäre z. B. möglich, dass das entzogene Blut, je nach den Fällen, in geringerem oder höherem Maasse durch Serum-Resorption aus den Körpergeweben restituirt würde. Das ist keineswegs undenkbar; denn die Annahme, dass sich entweder die Gefässe eine Zeit lang an ein unter der Norm liegendes Blutquantum anpassen, oder dass sich umgekehrt nach dem Aderlasse eine Erschlaffung der Gefässwände und hiermit eine allgemeine Erweiterung der Gefässlumina einstellen könnte, hätte durchaus nichts Absurdes an sich, und ist deren Unzulässigkeit durch Nichts erwiesen. Demnach kann das nach obiger Formel gewonnene Resultat unrichtig sein, da es diesem bisher unerforschten Factor keine Rechnung trägt. Auch dies ist eine Frage, die ihrer experimentellen Lösung harrt.

Endlich soll man künftig nicht unterlassen, die chromocytometrische Bestimmung nach dem Aderlasse mehrfach zu wiederholen, um den Augenblick zu treffen, wo der Hämoglobingehalt auf sein Minimum gesunken ist, da sich eben die Rechnung auf jenen Augenblick beziehen soll, der Eintrittspunkt desselben aber, wie wir gesehen haben, von Thier zu Thier wechselt [1]).

Wenn bei einem Thiere in bestimmten Intervallen mehrere Aderlässe vorgenommen werden, bleibt dann die Abnahme des Hämoglobingehaltes in gesetzmässigem Verhältnisse zur Menge des entzogenen Blutes? — Die Beantwortung dieser Frage schien uns hauptsächlich deswegen von Interesse, weil wir darnach bemessen könnten, ob die nach wiederholten Aderlässen sich einstellende Schwäche der Thiere auf das quantitative Verhalten der auf den Aderlass folgenden Serum-Resorption Einfluss ausübe.

---

[1]) Foa und Pellacani, denen übrigens, wie auch aus ihrer in der Zeitschrift Spallanzani veröffentlichten Mittheilung ersichtlich, unsere Untersuchungen bekannt waren, haben ebenfalls, nach ähnlichen Methoden wie wir, die Masse des circulirenden Blutes zu bestimmen gesucht. Ihre Untersuchungen hätten auf einer festeren Grundlage beruht, wenn ihnen die eben entwickelten Betrachtungen und die geschilderten Voruntersuchungen bekannt gewesen wären.

Das Ergebniss unserer diesbezüglichen Nachforschungen war bejahend. Von unseren hierher gehörenden Versuchen wollen wir einen in extenso aufführen, um sowohl das Ergebniss augenscheinlicher ins Licht zu stellen, als auch besser zu zeigen, in welcher Weise überhaupt die der vorliegenden Arbeit zu Grunde liegenden Untersuchungen ausgeführt worden sind. Indessen müssen wir die Bemerkung voranschicken, dass der initiale Hämoglobingehalt des gesunden (d. h. noch nicht venaesecirten) Thieres stets = 100 gesetzt wurde. Da bei dem vorstehenden Versuche drei Aderlässe Statt gefunden haben, so ist jedoch von dem 2. Aderlasse an der Hämoglobingehalt öfters durch zwei Zahlen ausgedrückt: Nr. 1 ist in Hundertsteln des Hämoglobingehaltes des noch nicht venaesecirten Thieres, Nr. 2 in Hundertsteln des unmittelbar nach dem letzten Aderlasse vorgefundenen Hämoglobingehaltes ausgedrückt. — Offenbar war für die Lösung der Frage, die wir uns gestellt hatten, Nr. 2 maassgebend.

Versuch vom 10. Februar 1879.

Junger Hund, Körpergewicht 4740 Gramm.

Hämoglobingehalt = 100 [1]).

Aderlass aus der Jugularis von 120 Gramm = 2,53 % des Körpergewichts.

11. Februar — Hämoglobingehalt = 68,8

12. „ — Hämoglobingehalt = 67,2

14. „ — Körpergewicht = 4940 Gramm — Hämoglobingehalt $= 77{,}5^{[1]} = 100^{[2]}$.

Aderlass aus der linken Jugularis von 173 Gramm Blut = 3,5 % des Körpergewichts.

Etwa eine Stunde nach der Operation wird das aus einer Vene des äusseren Ohres genommene Blut cytometrisch untersucht:

Hämoglobingehalt $= 70{,}2^{[2]}$

15. Februar — Hämoglobingehalt $= 56{,}2^{[2]}$

16. „ — „ $= 60{,}0^{[2]}$

19. „ — „ $= 79{,}6^{[2]}$

---

[1]) Der Hämoglobingehalt wurde immer durch zweimalige chromocytometrische Prüfung je zweier Proben Blut bestimmt. Diese Vorsicht, die bei allen Versuchen geübt wurde, macht die Resultate derselben viel zuverlässiger.

23. Februar — Körpergewicht 4700 Gramm. — Hämoglobingehalt $= 62{,}8^{[1]} = 100^{[2]}$.

Aderlass aus der rechten Jugularis von 150 Gramm Blut = 3,19 % des Körpergewichts.

Etwa eine Stunde nach dem Aderlasse cytometrische Prüfung des Blutes aus einer Vene des äusseren Ohres.

Hämoglobingehalt $= 66{,}9^{[2]}$

24. Februar — Hämoglobingehalt $= 63{,}8^{[2]}$

25. „ — „ $= 74{,}0^{[2]}$

26. „ — „ $= 78{,}5^{[2]}$

27. „ — „ $= 73{,}4^{[2]}$

29. „ — „ $= 81{,}8^{[2]}$

2. März — „ $= 88{,}1^{[2]}$

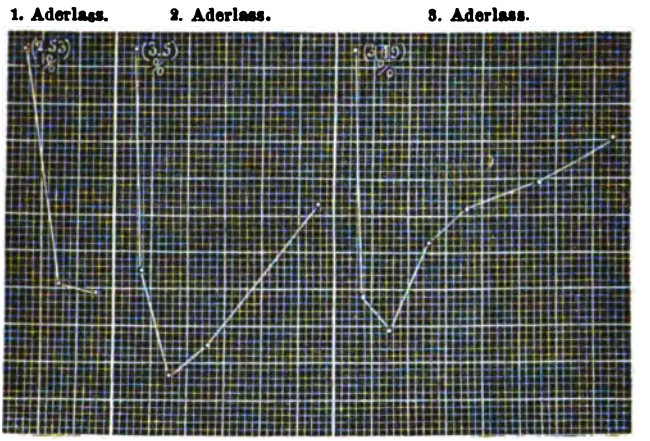
Dieser Versuch beweist klar, dass, wenn auch bei demselben Thiere wiederholte Aderlässe gemacht werden, das Verhältniss zwischen dem Blutverluste und der Abnahme des Hämoglobingehaltes im Blute nicht alterirt wird. Zum übersichtlichen Vergleiche der Ergebnisse stellen wir sie in folgender Tabelle zusammen, worin die Colonne A die Ordnungsnummern der betreffenden Aderlässe angiebt, die übrigen Rubriken dieselbe Bedeutung haben wie die gleichbezeichneten der 1. Tabelle.

Tabelle II.

A	B	C	D	E
1.	2,58	67,2	32,8	12,9
2.	3,5	56,3	43,7	12,5
3.	3,19	62,3	37,7	11,8

Die einem Aderlasse von 1 % Körpergewicht entsprechende Abnahme des Hämoglobingehaltes (Colonne E) war also nach dem 1. Aderlasse = 12,9, nach dem 2. = 12,5, nach dem 3. = 11,8, sämmtlich Werthe, die unter einander wenig abweichen und zwischen den bereits in der 1. Tabelle erhaltenen Grenzen schwanken.

Noch augenfälliger erscheint dieses Verhältniss in folgender graphischen Tabelle, worin die Ordinaten den Hämoglobingehalt, die Abscissen die Zahl der seit dem Aderlasse verflossenen Tage angeben.



Folgendermaasen lassen sich nun die Ergebnisse unserer Versuche zusammenfassen:

1. Nach einem Aderlasse sinkt der Hämoglobingehalt des im Gefässsysteme zurückgebliebenen Blutes rasch. Bei einigen Thieren lässt sich dessen Minimalwerth schon nach sechs Stunden nachweisen, bei anderen dagegen fährt das Sinken des Hämoglobingehaltes während eines oder gar zweier Tage fort. In letzteren Fällen ist die Abnahme in der ersten unmittelbar auf den Aderlass folgenden Periode sehr schnell und wird in den weiteren Perioden allmälig langsamer.

2. Der Hämoglobingehalt nimmt auch nach kleinen Aderlässen, bei welchen die entzogene Blutmenge nicht 2% des Körpergewichtes übersteigt, ab.

3. Die Abnahme des Hämoglobingehaltes des Blutes nach einem Aderlasse ist annähernd der entzogenen Blutmenge proportional. Auf jede 1% des Körpergewichts betragende Portion der entzogenen Blutmenge nimmt der Hämoglobingehalt um 11,14% seines ursprünglichen Werthes ab.

4. Werden bei ein und demselben Thiere mehrere Aderlässe gemacht, so erhält sich nach jedem das obige Verhältniss zwischen dem Maasse des Blutverlustes und dem der Verarmung des Blutes an Hämoglobin[1]).

[1]) Die Ergebnisse der hier beschriebenen Studien wurden von uns in der Sitzung des 8. Februar 1880 der k. Akademie der Wissenschaften in Turin mitgetheilt, und von dieser in ihren Akten veröffentlicht.

XXIII.

Ueber die Entstehung und Entwicklung der rothen Blutkörperchen.

(Nebst einer Tafel.)

I.

Ueber Entstehung und Entwicklung der rothen Blutkörperchen bei Vögeln.

Untersuchungen
von
Prof. **G. Bizzozero** u. Dr. **A. A. Torre** in Turin.

Den Untersuchungen von Bizzozero und von Neumann, sowie den übereinstimmenden Ergebnissen anderer Forscher zufolge ist bei den Säugethieren während des Extrauterinlebens das rothe Knochenmark als die hauptsächliche Bildungsstätte der rothen Blutkörperchen anzusehen. Es findet sich darin eine grosse Anzahl noch kernhaltiger rother Körperchen, d. h. embryonaler Formen vor, welche später ihren Kern verlieren, in den Kreislauf übergehen und daselbst als vollkommene rothe Blutkörperchen auftreten sollen. Und nach ergiebigen Aderlässen, während das Thier mehr rothe Blutkörperchen als unter normalen Verhältnissen producirt und so den erlittenen Verlust zu decken im Begriffe ist, sieht man im rothen, eigentlich blutbildenden Knochenmarke die Zahl kernhaltiger rother Zellen vermehrt, und erscheint an mehreren Stellen des Knochenskelets sogar dasjenige Knochenmark, das seiner physiologischen Fortbildung zufolge eine gelbe oder fettige Beschaffenheit angenommen hatte, wieder roth geworden. Mit anderen Worten erfährt unter den Verhältnissen, in welche das Thier durch den Aderlass versetzt ist, die blutbildende Thätigkeit des Knochenmarkes eine Steigerung, die den Wiederersatz

der dem Körper entzogenen farbigen Blutkörperchen zur Folge hat. — Oft jedoch gesellt sich ein anderer Factor hinzu. Wie Bizzozero's und Salvioli's [1]) Untersuchungen dargethan haben, kommt es bei einigen Säugethieren (Hunden, Meerschweinchen) vor, dass bei hochgradiger Anämie auch die Milz an der Production rother Blutkörperchen Theil nimmt, was daraus erhellt, dass in diesem Organe ganz ähnliche kernhaltige rothe Zellen, wie im Knochenmarke, auftreten.

Das Alles galt von den Säugethieren. Wie verhalten sich aber in dieser Hinsicht die Vögel? Welches ist in dieser Thierklasse die Bildungsstätte der rothen Blutkörperchen und wie geht hier die Entwicklung derselben von Statten? Welchen Antheil nimmt hier das Knochenmark und welchen die Milz, sei es an der normalen Production der genannten Elemente, sei es an ihrer versuchten Neubildung nach Aderlässen?

Man würde sich vergebens in der Litteratur nach einer überzeugenden Antwort auf diese Frage umsehen. Abgesehen von den älteren Arbeiten, die an der unzureichenden Genauigkeit der Versuchsmethoden leiden, haben in neuerer Zeit einige Forscher, auf Grund einiger von ihnen wahrgenommenen Thatsachen, die Behauptung aufstellen zu können geglaubt, dass die rothen Blutkörperchen von einer Umwandlung der weissen herrühren, und dass diese Metamorphose nicht in einem besonderen Organe, wie etwa im Knochenmarke und in der Milz, sondern allgemein in der Blutbahn vor sich gehe. So fand z. B. Erb [2]) im Blute von Hühnern, die wiederholten Aderlässen unterworfen worden waren, bei Behandlung mit 1 procentiger Essigsäure, leicht granulirte rothe Körperchen, die er eben als Uebergangsstadien von den weissen zu den farbigen Blutkörperchen ansprach.

Weiter wurde diese Lehre durch Hayem [3]) und durch Pouchet ausgebildet. Ersterer leitet die rothen Blutkörperchen von einer besonderen Varietät der weissen Blutzellen (von der wir weiter unten

[1]) Bizzozero e Salvioli: Archivio per le scienze mediche, vol. IV.

[2]) Erb: Virchow's Archiv, Bd. XXXIV.

[3]) Hayem: Société de Biologie, 1877.

eine Beschreibung geben werden) ab. Nach Pouchet[1]) sollen im Blute typische Formen weisser Blutzellen enthalten sein, die sich theils zu den gewöhnlichen weissen Körperchen umgestalten, theils aber das Material zur Neubildung rother Blutkörperchen liefern sollen. Aehnlichen Ansichten ist auch Malassez[2]) beigetreten.

Unsere Nachforschungen erstreckten sich auf mehrere Vogelarten: Huhn, Taube, Fink, wilde Ente (Anas Boschas), Taucher, Sägetaucher, Krähe. Der Mehrzahl nach wurden sie aber natürlich an Arten angestellt, die wir leichter zur Verfügung haben konnten: so am Finken, am Huhne und an der Taube. Die im Folgenden niedergelegten Ergebnisse zeigen deutlich, wie analog sich die hochwichtige Function der Blutbildung bei Säugethieren und bei Vögeln gestaltet, so dass die an letzteren gewonnenen Resultate gleichsam zur Controlle und theilweise auch zur Vervollständigung dessen, was wir früher an Säugern gefunden hatten, dienen können.

Histologisches Verhalten des Blutes.

Im Vogelblute[3]) haben wir, abgesehen von den oft gruppenweise gehäuften feinen und blassen Körnchen, zwei Categorien von Elementarbestandtheilen zu unterscheiden: die roth gefärbten und die farblosen.

Unter den rothen Blutkörperchen unterscheiden wir drei Abarten:

Die erste Varietät, die nahezu die Gesammtheit der rothen Blut-

---

[1]) Pouchet: Gazette médicale de Paris, 1878.

[2]) Malassez: Gaz. méd. de Paris, 1878.

[3]) Das Blut wurde in verschiedener Weise untersucht: 1. ohne allen Flüssigkeitszusatz, indem ein Tropfen Blut rasch auf die Untenfläche eines Deckgläschens gebracht und letzteres sofort auf Objectträger gelegt wurde; 2. unter Verdünnung eines Blutstropfens mit 0,75 %iger Kochsalzlösung; 3. unter Verdünnung mit einer Flüssigkeit, die durch Lösung von Methylviolett in obgenannter Kochsalzlösung erhalten wurde. Diese Flüssigkeit, die in keiner Weise die Form der Elementartheile alterirt, hat uns sowohl für das Blut als für Knochenmark und Milz ausgezeichnete Dienste geleistet. Sie färbt intensiv den Kern der rothen Zellen sowohl als der weissen, während das Protoplasma der letzteren minder stark gefärbt wird. Bei länger fortgesetzter Untersuchung wurde die Verdunstung durch einen im Umkreise des Deckgläschens angebrachten Oelstreifen verhindert.

körperchen umfasst (Fig. 1 *a*), wird durch die typischen rothen Blutkörperchen dargestellt: d. h. durch die Elemente die man in allen Lehrbüchern beschrieben findet und die aus einem ovalen, abgeflachten, homogenen und durch Hämoglobin roth gefärbten Körper und einem Kerne bestehen. Letzterer ist ebenfalls oval, scharf conturirt und lässt im Innern ein Reticulum mit ziemlich dicken Bälkchen, die hier und dort körnchenförmige Verdickungen aufweisen, erkennen. Dieses Netz wird nur bei den stärksten Vergrösserungen sichtbar. Bei den gewöhnlichen Linearvergrösserungen von 350 bis 400 mal lässt sich der wahre netzförmige Bau gar nicht erkennen, sondern ertheilt derselbe dem Kerne nur ein granulirtes Ansehen. — Die rothen Blutkörperchen dieser Abart sind beim Huhne 13,5—15 μ lang und 8—8,7 μ breit.

Zur zweiten Abart gehört eine kleine Anzahl von Elementen, die sich von den eben besprochenen nur dadurch unterscheiden, dass sie genau oder annähernd kugelig und intensiv gefärbt sind. Sonst enthalten sie ebenfalls einen ovalen Kern, zuweilen grösser als in den typischen Körperchen, und central gelegen.

Noch spärlicher endlich als die vorhergehenden sind gewisse Körperchen, die sich von den typischen durch einen zarteren Contour, schwächere Färbung, etwas geringere Länge (und daher minder ausgesprochene Ovalform), so wie durch den grösseren und zuweilen fast kugeligen Kern, unterscheiden. Wir machen ausdrücklich auf diese kugelige Gestalt aufmerksam, weil sie im Blute anämischer Thiere etwas zahlreicher vertreten ist und mit einer frühen Entwicklungsform, die wir im Knochenmarke antreffen werden, übereinstimmt.

Unter den farblosen Blutkörperchen lassen sich vier Varietäten aufstellen. Die Unterschiede zwischen denselben sind auch an den nach den oben erwähnten Methoden dargestellten Präparaten wahrnehmbar; doch treten sie schärfer hervor, wenn das Blutpräparat (sei es von reinem oder mit NaCl-Lösung verdünntem Blute) auf eine Temperatur von 38—40° C. erwärmt betrachtet wird. Bei einer derartigen Untersuchung ist es nothwendig, dass die Verdunstung der Flüssigkeit im Präparate durch den circulären Oelstreifen verhindert

werde; und wenn man Immersionslinsen als Objective benutzen will, ist es zweckmässig, statt des Wassers, das ja in der Hitze so rasch verdampft, einen Tropfen Glycerin als Immersionsliquidum zu gebrauchen, was beim Objectiv Nr. VII von Gundlach, (das wir bei dieser Untersuchung benutzt haben) nur wenig die Schärfe des Bildes beeinträchtigt.

Unter solchen Cautelen unterscheidet man leicht: 1. Leucocyten von 7—8 μ Durchmesser (Fig. 1 *e*). Dieselben sind sehr zahlreich, zeigen ein ziemlich dunkles Protoplasma und sind äusserst beweglich. Sie senden Schöpfe von Fortsätzen aus und ziehen dieselben wieder ein und ändern fortwährend ihre Gestalt. Einige Zeit nach der Darstellung des Präparates steigt ein grosser Theil dieser Elemente in die obersten Flüssigkeitsschichten auf, wo sie sich an die Unterfläche des Deckgläschens anlegen und stundenlang in ihren Bewegungen fortfahren. Diese Form weisser Blutkörperchen weist eine bemerkenswerthe Structureigenthümlichkeit auf, die unseres Wissens bisher noch von anderen Forschern nicht wahrgenommen worden ist (1). Während nämlich in den Leucocyten der Säugethiere das dunkle Ansehen des Protoplasmas durch Haufen glänzender Kügelchen bedingt wird, beruht es hingegen in denen der Vögel auf der Gegenwart äusserst winziger glänzender Stäbchen, die in der Regel an beiden Enden zugespitzt sind und meist eine radiäre Stellung (vom Centrum der Zelle gegen die Peripherie derselben gerichtet) einhalten. Diese Stäbchen sind nur bei Anwendung guter Immersionslinsen deutlich erkennbar, und um sie besser zu untersuchen ist es zweckmässig, einen sehr kleinen Blutstropfen auf den Objectivträger zu bringen und mit einem sehr dünnen Deckgläschen zu bedecken, so dass sich der Tropfen weit ausbreitet und eine sehr dünne Schicht bildet, worin die Leucocyten leicht comprimirt und abgeflacht werden; wenn hierbei die Compression nicht gar zu stark ist, so bewahren die Stäbchen ihre radiäre Anordnung; im entgegengesetzten Falle ändert sich zwar einigermaassen ihre gegenseitige Stellung, doch wird dafür ihre Form um so deutlicher erkennbar (Fig. 1*f*). Dass aber diese Stäbchen kein Kunstproduct, keine von der Alteration des Protoplasmas herrührenden

Artefacte, sondern einen normalen Formbestandtheil desselben darstellen, das beweist der Umstand, dass sie auch an lebenden und noch contractilen Zellen sichtbar sind, besonders wenn das weisse Blutkörperchen sich an die Unterfläche des Deckgläschens angelegt und sich an derselben zu einer dünnen Lamelle flach ausgebreitet hat: man erblickt dann zuweilen gleichzeitig die Stäbchen und die Zellenkerne. — Das Lichtbrechungsvermögen der Stäbchen erinnert an das des Fettes, und auf den ersten Blick könnte es scheinen, dass sie wirklich aus Fett bestänđen. Durch die mikrochemischen Reagentien lässt sich indessen leicht der Nachweis liefern, dass sie von einer ganz anderen stofflichen Beschaffenheit sind. Behandelt man nämlich ein Blutpräparat mit Wasser, so schwellen die in Rede stehenden weissen Blutkörperchen an, und geschieht das Gleiche auch mit den Stäbchen selber, die dabei blass werden und zuletzt schwinden. Bei Behandlung mit verdünnter Essigsäure quillt das Protoplasma des weissen Blutkörperchens auf und wird blass, die Stäbchen drängen sich anfangs zusammen, so dass sie einen glänzenden Haufen um die Kerne bilden und letztere verdecken, erblassen aber bald ebenfalls und plötzlich, um zuletzt zu verschwinden und so die Kerne, die hingegen noch schärfere Contouren erhalten haben, wieder zum Vorschein treten zu lassen[1]).

2. Leucocyten von gleicher Grösse wie die vorigen, aber mit kugeligen, im Allgemeinen feinen Körnchen (Fig. 1 *b*). Nur nach Aufquellen bei Zusatz von Wasser oder diluirten Lösungen lassen diese zelligen Elemente einen Kern erblicken. Sie sind contractil, aber in geringerem Maasse als die vorigen: ändern nur wenig ihre Form und senden kurze Fortsätze aus.

3. Kleine Leucocyten (im Mittel 5—6 μ im Durchmesser), fein granulirt, mit in normalem Zustande unsichtbarem Kerne, der bei Wasserzusatz zum Vorschein kommt und dann rundlich und der Zahl nach einfach erscheint. Bei ihren Contractionen senden sie keine

[1]) Diese Zellen scheinen mit denen identisch zu sein, die Langhans in den die Blutgerinnsel umgebenden Geweben bei Tauben gesehen und in Virchow's Arch. Bd. 49, S. 94 beschrieben und abgebildet hat.

Fortsätze aus, sondern ändern nur ihre Gestalt, um jedoch von Zeit zu Zeit zu ihrer Grundform, welche kugelig ist, zurückzukehren (Fig. 1 *c*).

4. Farblose Zellen, von den vorhergehenden sehr verschieden. Sie besitzen nämlich (Fig. 1 *d*) einen einfachen Kern, der auch an ganz frischen, in ihrem ungemischten Plasma beobachteten Elementen sichtbar ist, ein Kernkörperchen enthält und leicht oval erscheint. Im Umkreise dieses Kernes sieht man ein feinkörniges Protoplasma, worin mitunter eine Anzahl kleiner, blasser, kugeliger Vacuolen bemerkt werden, zuweilen in so reichlicher Menge, dass das zwischenliegende Protoplasma nur als ein Netz erscheint. Die Gestalt des Elementes ist ganz unregelmässig: bald oval, bald etwas spindelförmig. Oefters, sogar in eben aufgefangenem Blute, erscheinen die Körperchen zu Schollen gehäuft, worin sie oft mit blassen Körnchen untermischt sind. — Wie günstige Bedingungen wir auch zur Beobachtung etwaiger Contractionen herstellen mochten, gelang es uns an diesen Elementen keine Spur davon wahrzunehmen. Untersucht man sie sofort nach Auffangen des Blutstropfens und behält man sie sodann einige Zeit in Beobachtung, so erkennt man zwar, dass sich ihre Form ändert, wobei die Vacuolen schärfer abstechen und an der Oberfläche der Zellen Halbkugeln oder Tröpfchen von hyalinem Protoplasma auftreten: doch beruhen diese Veränderungen auf cadaverischen Alterationen der sie bildenden Substanz und zeigen keines der Merkmale, wodurch sich die lebendigen Bewegungen des Protoplasmas kennzeichnen. Wenn diese Elemente zu Schollen (die zuweilen eine erhebliche Grösse erlangen) gehäuft sind, so finden diese Alterationen ihres Protoplasmas ebenfalls Statt, und indem die Contouren der einzelnen Elemente allmälig schwinden, bildet der Haufen zuletzt eine blasse, von zahlreichen Vacuolen durchsetzte und mit eingesprengten Kernen besäete Masse, die an ihrer Oberfläche Tröpfchen einer hyalinen Substanz hervortreten lässt. Wir werden uns nicht weiter bei der Schilderung dieser Elemente aufhalten, da sie bereits sehr ausführlich von Hayem[1]) beschrieben worden sind.

[1]) Hayem: Société de Biologie, novembre 1877.

beschrieben worden sind. Nur wollen wir bemerken, dass es eben die Gebilde sind, die dieser Forscher als in Entwicklung begriffene rothe Blutkörperchen betrachtet. Seinen Angaben zufolge soll das Protoplasma dieser Zellen hyalin werden und Hämoglobin aufnehmen, wodurch sie die Merkmale rother Blutkörperchen erlangen würden. Wir werden später zeigen, wie sehr und aus welchen Gründen unsere Anschauungen in dieser Hinsicht von denen des genannten Autors abweichen. Vor der Hand genügt es hervorzuheben, dass wir das Protoplasma dieser Leucocyten nie durch Hämoglobin gefärbt sahen, nicht einmal nach ergiebigen Aderlässen, wo die Nachbildung von Blutkörperchen sehr rege von Statten geht. Dadurch wird aller genetische Zusammenhang dieser Gebilde mit den rothen Blutkörperchen widerlegt. Zwar spricht Hayem von einer gelblichen Färbung, die sie im getrockneten Zustande annehmen sollen; doch wenn man bedenkt, welche Alterationen das Blut beim Austrocknen erfährt und wie es dadurch (was Hayem selbst zugiebt) zu einer Zerstörung rother Blutkörperchen kommt, so kann man diesem Umstande wohl kein Gewicht einräumen. — Kurz zusammengefasst, besitzen die in Rede stehenden Leucocyten einen kleineren Durchmesser, ein körniges, von Vacuolen durchsetztes, vom Stroma der rothen Blutkörperchen durchaus verschiedenes Protoplasma und führen kein Hämoglobin. Worauf kann sich denn die Annahme stützen, dass sie das erste Lebensstadium der rothen Blutkörperchen darstellen? Was für Merkmale haben sie mit diesen gemein?

Structur des Knochenmarkes.

Da das Knochenmark bei Vögeln zu einem mehr oder minder beträchtlichen Theile von Fettgewebe gebildet wird und die relative Menge des letzteren je nach der Art des Knochens und nach dem Zustande der Thiere wechselt, so kann hier das Ansehen des Markes, wie bei den Säugethieren, ausserordentlich wechseln, so dass wir auch bei Vögeln ein rothes, ein fettiges und ein gelatinöses Knochenmark unterscheiden können. Wir sehen dabei natürlich von denjenigen Knochen ab, die (wie z. B. der Humerus bei Hühnern, Finken,

Tauben u. s. w.) lufthaltig sind und daher kein oder nur ein spärliches Mark führen. — Wie bei den Säugern, besitzen auch hier die breiten Knochen vorwiegend rothes, d. h. an Fettzellen armes Mark. Schon viel fettreicher ist dagegen das Mark des Oberschenkelknochens; doch in seiner oberen Hälfte wiegt noch im Allgemeinen, zumal in den peripherischen Markschichten, das rothe Gewebe vor; erst in dem Maasse als wir nach dem unteren Ende fortschreiten, sehen wir nach und nach das rothe Gewebe die Oberhand gewinnen. Dieselben Unterschiede finden wir zwischen der oberen und der unteren Hälfte der Tibia; nur dass hier das Fett viel stärker vorwiegt als im Femur, so dass die untere Hälfte des Schienbeins ein fast ausschliesslich fettiges Mark aufweist. In gleicher Weise verhält sich das Mark der Ulna und des Radius.

Das gilt Alles nur von Hühnern, die eine Zeit lang in der Hühnersteige gehalten worden sind. Wir betonen diesen Umstand ausdrücklich; denn man würde irre gehen, wenn man obiger Beschreibung eine allgemeine Gültigkeit einräumen wollte. Bei eben gekauften Hühnern, die also bis zum Augenblicke der Untersuchung sich im Freien bewegt haben, ist das Mark des Femurs und der Tibia nicht selten viel röther, weich und blutreich. Bei sorgfältig gemästeten Hühnern dagegen ist dasselbe nicht nur in der Tibia sondern auch im Femur zu einem Strange fettigen Gewebes geworden, das auch in seinen peripherischen Schichten jener wichtigen Elemente, die das rothe Mark kennzeichnen, ermangelt.

Wollen wir jetzt den Bau dieses rothen Markes betrachten[1]).

---

[1]) Zum Studium der Elemente des Knochenmarkes eignen sich vergleichende Zupfpräparate, die einen in reiner, die anderen in mit Methylviolett gefärbter Kochsalzlösung dargestellt. Zur Controlle dient sodann die Untersuchung des Markes in seinem ungemischten Plasma. Zu letzterem Zwecke genügt es, ein Stückchen Mark (zumal wenn es weich und saftreich ist) zu nehmen, es rasch und grob auf dem Objectträger zu zerzupfen, mit dem Deckgläschen zu bedecken und leicht flachzudrücken. Das aus dem Gewebe ausgepresste Liquidum reisst eine gewisse Anzahl isolirter Elemente mit sich fort, deren Beschaffenheit auf solche Weise bequem studirt werden kann.

Die Elemente desselben lassen sich leicht durch Zerzupfen isoliren und finden wir darunter:

1. Eine nach der jeweiligen Beschaffenheit des Markes wechselnde Anzahl Fettzellen und spärliche, gewöhnlich zerrissene oder alterirte Bindegewebszellen.

2. Weisse Zellen derselben Art wie sie im Blute enthalten sind. Doch ausser den auch im letzteren vertretenen Formen finden wir im Marke andere, die sich durch ihre grösseren Durchmesser kennzeichnen (Fig. 2 *b*) und wenig oder gar nicht contractil sind. Es sind dies unregelmässig kugelige Zellen von 10—13 μ im Durchmesser, deren Protoplasma durchsichtiger ist als das der gewöhnlichen Leucocyten, weshalb der gesammte Zelleninhalt schon in der Chlor-Natrium-Lösung überschaut werden kann. Derselbe besteht aus einer Anzahl kugeliger, glänzender Körnchen (nicht so glänzend jedoch als die Fettkörnchen) und einem 6—8 μ im Durchmesser haltenden Kerne mit grossem und scharf hervortretendem Kernkörperchen. — Seltener als die eben beschriebenen findet man Zellen mit sehr grossem, rundlichem oder ovalem, doppelt-contourirtem Kerne, der ein gut entwickeltes und deutliches Reticulum mit spärlich anastomosirenden Bälkchen von wechselnder (immer aber beträchtlicher) Dicke enthält. Der Kern ist in einen Haufen blassen Protoplasmas eingebettet, worin zuweilen einzelne glänzende Körnchen zu bemerken sind und das in der Peripherie meistens von einem ganz unregelmässigen Contour begrenzt wird.

3. Ausser einer Anzahl rother Körperchen, die mit denen des Blutes übereinstimmen, finden sich andere vor, die ihrem Ansehen zufolge und auf Grund der später zu besprechenden experimentellen Thatsachen als früheste Entwicklungsstadien der rothen Blutkörperchen anzusehen sind (Fig. 2 *a*).

Die allerjüngsten darunter erscheinen in Gestalt kugeliger Zellen, von 6—7 μ im Durchmesser, mit zarterem Contour als die völlig entwickelten rothen Blutkörperchen. Der Kern ist ebenfalls rund und füllt die Zelle fast vollständig aus. Das Protoplasma stellt nur eine dünne Umhüllung des Kernes dar und ist homogen und rothgelblich. Durch diese Merkmale unterscheiden sich diese Zellen

scharf von den Leucocyten und schliessen sich hingegen an die gewöhnlichen rothen Blutkörperchen an, von denen sie nur durch die schwächere Färbung des Protoplasmas und durch den bereits erwähnten zarteren Contour abweichen.

Ein vorgeschritteneres Entwicklungsstadium stellen Körperchen dar, die noch immer, gleich den vorigen, einen kugeligen Kern besitzen, aber mit reichlicherem und intensiver gefärbtem Protoplasma versehen sind und eine zum Ovalen neigende und abgeflachte Form zeigen.

Als einem noch weiter gediegenen Stadium angehörend können gewisse Zellen betrachtet werden, die immer intensiver gefärbt und deutlicher oval und abgeflacht erscheinen, während der Kern sich in der Richtung des Querdurchmessers verschmälert, in der Längsaxe der Zelle aber verlängert hat und daher ebenfalls oval geworden ist. Dieses Länglichwerden des Kernes ist auffälliger bei denjenigen Vogelarten, wo der Kern der reifen rothen Blutkörperchen, wie dies bei der Taube, der Ente, der Krähe der Fall, ausgesprochener oval ist als beim Huhne.

Andere Zellen endlich, an welchen diese Form- und Farbenverhältnisse noch etwas ausgeprägter hervortreten, stellen die letzten Uebergangsformen zu den reifen, vollkommenen rothen Blutkörperchen dar.

Welches sind nun die Anhaltspunkte, die uns bestimmen, diese verschiedenen Zellen-Formen als Entwicklungsstadien der rothen Blutkörperchen aufzufassen? — Wir wollen von der Uebereinstimmung zwischen dem Knochenmarke der Vögel und dem der Säugethiere (bei welchen letzteren das Mark eben die vorzüglichste Bildungsstätte der rothen Blutkörperchen darstellt) absehen, wiewohl diese Uebereinstimmung, wie wir später sehen werden, auch vollkommen durch den Bau und die Vertheilung der Gefässe, so wie durch die experimentellen Data bekräftigt wird. Vor der Hand genügen uns als maassgebende Criterien die Form der Zellen und die Beschaffenheit ihres Protoplasmas. In der That haben wir hier, was erstere anlangt, die allmäligen Uebergänge von der kugeligen zu der flach-

ovalen Gestalt vor uns: d. h. die Ableitung der erwachsenen Form von einer ursprünglich sphärischen, wie dies auch für andere im reifen Zustande von der Kugelgestalt irgendwie abweichende Zellenformen des Organismus allgemeine Regel ist. Doch würde dieses Merkmal nicht genügen: denn darauf hin (wenn wir von dem Flachwerden absehen) könnte man auch einige der oben beschriebenen weissen Elemente, namentlich die der 4. Varietät (blasse Zellen, nicht selten oval und mit ovalen Kernen versehen) für Jugendformen rother Blutkörperchen ansehen, wie dies eben von einigen Autoren geschehen ist [1]). Einen ungleich demonstrativeren Anhaltspunkt liefert die Beschaffenheit des Protoplasmas.

Die soeben von uns für das Knochenmark beschriebenen Elemente sind, ausser den rothen Körperchen des Blutes, die einzigen Elementargebilde des Organismus, die, gleich diesen, ein homogenes und mit Hämoglobin gefärbtes Protoplasma besitzen. Und wie wir bereits hervorgehoben, nimmt an ihnen der Hämoglobingehalt mit dem Fortschreiten ihrer Entwicklung zu, so dass die erwachseneren ovalen Zellen intensiver gefärbt sind als die noch kugeligen. Diese Differenz fällt aber um so schwerer ins Gewicht, wenn man bedenkt, dass in den von der Fläche gesehenen erwachseneren Körperchen das durchgehende Licht, bevor es in das Auge des Beobachters gelangt, eine viel dünnere Schicht gefärbter Substanz zu durchsetzen hat als in den jungen, kugeligen, und dass dennoch erstere im Allgemeinen intensiver gefärbt erscheinen als letztere.

Man wird uns vielleicht einwenden, dass, wenn die in Rede stehenden Gebilde wirklich in Entwicklung begriffene rothe Blutkörperchen darstellen, sie in der Blutbahn nachweisbar sein müssten. Dieser Einwurf trifft nicht zu. Auch bei den Säugethieren giebt es kernhaltige rothe Zellen im Knochenmarke, ohne dass solche in der Blutbahn nachweisbar wären. Diese Elemente verlassen das Mark erst in vollkommen entwickeltem Zustande. Nur bleiben uns noch

---

[1]) Hayem: Société de Biologie, novembre 1877.

die Ursachen zu ermitteln, wodurch sie im Marke zurückgehalten werden. — Uebrigens wäre es auch unrichtig zu behaupten, dass diese Elemente nie im circulirenden Blute vorkämen. Wie bei den Säugethieren unter gewissen Umständen (so z. B. in der Leukämie) einzelne kernhaltige rothe Körperchen im kreisenden Blute angetroffen werden, so haben wir auch bei den Vögeln, nach wiederholten Aderlässen, einzelne Körperchen im Blute vorgefunden, die ihrer Beschaffenheit nach mit den für das Knochenmark beschriebenen jugendlichen Formen übereinstimmten. Ja, wir haben vereinzelte Gebilde dieser Art sogar bei Vogelindividuen angetroffen, die wir für gesund zu halten allen Grund hatten. — Auch werden wir später sehen, wie man im Blute der aus dem Knochenmarke kommenden Venen die jungen kugeligen Hämatien mit erwachsenen vermengt erhalten kann.

Die Blutgefässe des Knochenmarkes sind bei Vögeln in ähnlicher Weise angeordnet wie bei den Säugethieren [1]). Die grossen arteriellen Stämme verlaufen in der Axe des Knochenmarkes. Von ihnen zweigen sich unter spitzem Winkel die Arterienäste, die sich in schräger Richtung aber in geradlinig gestrecktem Verlaufe zur Peripherie begeben. Auf diesem Wege verästeln sie sich nur spärlich, und zwar immer unter spitzem Winkel. Sobald sie sich der Peripherie des Markstranges genähert haben, vertheilen sie sich in spärliche und dünne Capillaren, die den schrägen Verlauf der Arterien beibehalten und so an die Oberfläche des Markes gelangen. Indem sie sich nun parallel zu dieser richten, bilden sie kurze Schlingen und gehen unter gegenseitigen Anastomosen in ein oberflächliches Capillarnetz über, das der Markoberfläche des Knochens anliegt

[1]) Zur Untersuchung der Gefässvertheilung dienen kalt- oder warmbereitete Injectionspräparate, die sich für die Knochen der unteren Extremitäten leicht durch Injection von der Arteria femoralis aus darstellen lassen. Die Injectionsmasse dringt leicht durch die Arterien und Capillaren hindurch in das breite Venensystem, obschon dieses in der Regel mit Blutkörperchen angefüllt ist. Das Knochenmark wird sodann, in der üblichen Weise, schonend aus seiner Knocheneinfassung herausgehoben und zur Härtung in Weingeist gelegt. Aus dem gehärteten Marke stellt man Schnitte in verschiedener Richtung dar und untersucht dieselben in Glycerin oder in Damar.

und aus dem sich die wahren Venen des Knochenmarkes entwickeln. Letztere schlagen einen centripetalen Verlauf ein und zeigen allgemein, in Querschnitten des Markes, eine radiäre Anordnung, indem sie von der Peripherie zur Centralaxe des Markes ziehen. Schon im peripherischen Theile des Markes sind sie sehr weit (Fig. 4 und 5) und nahmen in ihrem Verlaufe gegen die Axe des Markes hin noch etwas mehr an Weite zu. Unter einander anastomosiren sie vielfach, so dass sie ein ziemlich dichtes Netz bilden (Fig. 3). Daher kommt es, dass in einigen Formen des Markes die Summe der Gefässlumina, vermöge der Weite der einzelnen Gefässe so wie ihrer grossen Anzahl, mehr Raum einnimmt als das intervasale Gewebe. — Das Venennetz mündet in einen oder mehrere Venenstämme, welche parallel den Arterien längs der Axe des Markes oder in der Nähe derselben verlaufen.

Die Untersuchung über den feineren Bau der Gefässwände im Marke der Vögel hat uns sehr bemerkenswerthe Ergebnisse geliefert. An der Beleuchtung der hier obwaltenden Structurverhältnisse war uns aber deshalb viel gelegen, weil die Markgefässe der Säugethiere noch Gegenstand mehrfacher Controversen sind.

Im Marke der letztgenannten Thiere nimmt bekanntlich Bizzozero [1]) die Gegenwart ächter Capillaren an, während Neumann [2]) das Vorhandensein solcher leugnet und als Capillaren diejenigen Kanäle bezeichnet, denen Bizzozero die Bedeutung von Venen zuschreibt. Hinsichtlich dieser Kanäle ist es noch streitig, ob sie mit einer eigenen Wandung versehen seien oder aber (wie Hoyer, Rüdinger und Andere annehmen) einfache Lücken im Gewebe des Markes darstellen. Diese Zweifel lassen sich am Knochenmarke der Vögel leicht lösen, indem hier ohne Schwierigkeit der Nachweis gelingt, dass ächte Capillaren vorhanden und die Venen mit einer begrenzenden Membran ausgestattet sind. Wir können solches an unseren Präparaten demonstriren, die wir aufbewahren und die in folgender Weise dargestellt wurden. Ein

[1]) Bizzozero: Morgagni, 1869.

[2]) Neumann: Archiv für Heilkunde, X.

fettarmes Mark wurde drei Tage lang in der Müller'schen Flüssigkeit liegen gelassen; sodann wurden aus demselben, so gut es ging, Querschnitte dargestellt, die nun zur möglichst vollständigen Befreiung von den Parenchymzellen in einem Probirglase lange mit Wasser geschüttelt und darauf in einer Mischung von Glycerin und Wasser fein zerzupft wurden. Bei der Untersuchung des Präparates sah man häufig aus Stückchen vom Markgewebe Capillaren oder Venen hervorragen; letztere aber erschienen von einer deutlichen Membran begrenzt und enthielten gewöhnlich noch Blutkörperchen. Doch nicht an jedem Marke gelingt die Darstellung solcher Präparate. Manches Mark ist so schleimig und klebrig, dass die erfolgreiche Zerzupfung unmöglich wird. Viel bessere und zuverlässigere Resultate gewinnt man dagegen, wenn man erst die Thiere mehrere Tage lang auf sehr knapper Kost hält, um das Fett aus dem Marke schwinden zu lassen.

Bei Säugethieren hat Bizzozero[1]) schon vor längerer Zeit dargethan, dass die Nahrungsentziehung sehr bedeutende Veränderungen im Knochenmarke hervorbringt. Nach derselben Methode haben wir ähnliche Veränderungen auch bei Vögeln hervorgerufen. Nachdem wir Hühner 15 Tage lang auf sehr karger Kost gehalten hatten, so dass z. B. ihr Körpergewicht von 1068 Gramm auf 562 gesunken war, nahmen wir folgende Alterationen wahr: In den für gewöhnlich blutbildenden Theilen des Markes (Femur, obere Hälfte des Schienbeins) ist das Fett fast gänzlich verschwunden und besteht das intervasale Gewebe nur aus schleimiger Substanz, worin sich in grosser Anzahl weisse Körperchen und abgezehrte, nur noch aus Kern und Protoplasma bestehende Fettzellen vorfinden; sehr spärlich erscheinen die in Entwicklung begriffenen rothen Zellen. Die Theile dagegen, die für gewöhnlich fett sind (unterer Theil der Tibia), erscheinen nicht mehr weiss-graulich und opak, sondern halb-durchscheinend, gallertartig, citronengelb; und das intervasale Gewebe besteht hier (Fig. 3) aus reichlicher hyaliner Gallertsubstanz mit spärlich eingestreuten Leucocyten und völlig oder nahezu ihres Fettes beraubten Fettzellen. Letztere bestehen aus

[1]) Bizzozero: Sul midollo delle ossa. Morgagni, 1869.

einem schönen, ovalen, bläschenförmigen, kernkörperchenhaltigen Kerne und einer denselben umgebenden ziemlichen Menge körnigen Protoplasmas. Von der Peripherie der Zelle gehen in der Regel protoplasmatische Fortsätze von meist sehr erheblicher Länge aus, die in dem Maasse als sie sich von ihrem Ursprungsorte entfernen, sich verästeln, dünner werden und oft in der Weise endigen, dass sie mit den Fortsätzen der Nachbarzellen anastomosiren oder sich an die Wände des Venennetzes anlegen. — Im Protoplasma sieht man zuweilen ein Ueberbleibsel von Fett, in Gestalt eines glänzenden Tröpfchens. Solches kommt besonders in der Nachbarschaft grösserer Gefässe vor, so dass man sagen darf, dort erfolge die Resorption am langsamsten. Im fettigen Knochenmarke wird also der Raum, den die wegen Schwund des Fettes verkleinerten Fettzellen übrig lassen, von einer durchscheinenden Substanz ausgefüllt, welche als solche die übrigen Gewebsbestandtheile dem Auge des Beobachters nicht entzieht, weshalb letztere (Zellen und Blutgefässe) ohne weiteres auf ihren Bau und ihre gegenseitigen Beziehungen untersucht werden können. Am Marke der oberen Hälfte der Tibia und an dem des Femur kann diese Untersuchung ebenfalls angestellt werden; doch ist sie hier schwerer, wegen der grossen Menge der in der gallertartigen Substanz zerstreuten Leucocyten. Jedenfalls aber können aus beiderlei Markarten, nach Behandlung mit der Müller'schen Flüssigkeit und Härtung in Weingeist oder Ueberosmiumsäure, ohne Schwierigkeit feine Schnitte dargestellt werden, an welchen Folgendes zu sehen ist: 1. Die Capillaren erscheinen von einer homogenen Membran begrenzt, worin ovale, besonders gegen das Gefässlumen vorragende Kerne eingebettet sind. Die Kerne sind sehr zahlreich an den Stellen, wo die Capillaren in der Peripherie des Markes ihre Schlingen bilden: hier steht mitunter das Ende eines Kernes von dem eines anderen nur um wenige μ ab. 2. Die Gefässwand der Venen besteht aus einer homogenen Membran, worin in regelmässigen Abständen Kerne eingebettet sind, mit ihrem Längsdurchmesser der Gefässaxe parallel gestellt und eine (vermuthlich wegen Einwirkung der Reagentien) körnig aussehende Substanz enthaltend. Die Wandung ist dick genug, um doppelt contourirt zu erscheinen, und ist noch dicker im Um-

kreise der Kerne, woselbst sie ein feinkörniges protoplasmatisches Ansehen erhält und zuweilen glänzende Körnchen einschliesst. In Folge des Druckes, den das umgebende Gewebe ausübt, erscheint das Gefässlumen verengt und die Wandung faltig. Stomata oder anderweitige Communicationsöffnungen zwischen dem Gefässlumen und dem umgebenden Gewebe haben wir nicht zu entdecken vermocht.

Ueber die Lymphgefässe oder -Räume des Markes haben wir keine Untersuchungen angestellt. Was die Nerven anlangt, so haben wir wohl in Begleitung der Arterien Bündel markhaltiger Fasern gesehen, es aber für den Zweck unserer Untersuchungen für überflüssig gehalten, den Verlauf derselben zu verfolgen.

Alterationen des Knochenmarkes bei Oligämie.

Von grossem Belange für unsere Studien war die Ermittelung der Gewebsalterationen, die sich im rothen Knochenmarke einstellen, wenn das Thier in Folge wiederholter Blutentziehungen anämisch wird und dadurch in die Lage geräth, bei weitem mehr Blutkörperchen als im Normalzustande zu produciren, falls der Verlust (wie dies unter günstigen Umständen thatsächlich geschieht) ausgeglichen werden soll. Bevor wir jedoch an die Besprechungen unserer diesbezüglichen Untersuchungen gehen, müssen wir der Variationen gedenken, die das Knochenmark der Vögel, je nach der Verpflegung derselben, schon im Normalzustande darbietet.

Wie bereits erwähnt, ist bei sorgfältig gemästeten Hühnern das Knochenmark nicht nur in der Tibia, sondern auch im ganzen Femur überaus fettreich, und erscheint daher weissgrau, schwimmt in der Müller'schen Flüssigkeit und erhärtet leicht in Weingeist. Die ebenfalls leicht darzustellenden Schnitte erscheinen unter dem Mikroskope grösstentheils aus grossen Fettzellen gebildet, zu welchen die zwischenliegenden Gefässe und spärliche Aggregate der obenbeschriebenen Elemente des blutbildenden Markes hinzukommen.

Bei (eben erst gekauften) nicht gemästeten Hühnern ist das Mark in der unteren Hälfte der Tibia noch weissgrau, fettig, während es in der oberen Hälfte dieses Knochens und noch mehr im Femur,

namentlich in den peripherischen Lagen, oft rothgrau oder geradezu roth erscheint; mitunter fanden wir es gar milzroth. In der Müller'schen Flüssigkeit sinken die Stücke eines so beschaffenen Markes, wegen ihres Blutreichthums und ihrer relativen Armuth an Fett, gewöhnlich zu Boden. Zupfpräparate davon zeigen unter dem Mikroskope wenige Fettzellen, zahlreiche und mannigfach gestaltete Leucocyten, viele rothe Körperchen und viele als Vorstufen der letzteren gekennzeichnete Zellenformen. Im Ganzen hat man hier einen Normaltypus blutbildenden Markes vor sich, in allen Stücken dem Typus ähnlich, den wir im Marke der kurzen und der breiten Knochen vorfinden.

Ausser an Zupfpräparaten (was bisher für das Mark die einzige allgemein übliche Untersuchungsmethode gewesen ist) haben wir dieses Organ auch an Schnitten studiren wollen, um genauer die Anordnung der Gewebsbestandtheile und die Beziehungen derselben zu den Gefässen zu ermitteln. Insbesondere war uns daran gelegen, die Beschaffenheit des Gefässinhaltes zu bestimmen, und festzustellen, ob die rothen Körperchen oder ihre Vorstufen ausschliesslich innerhalb der Gefässlumina oder aber auch frei in dem intervasalen Gewebe vorkämen. Bekanntlich ist es in Betreff der Milz noch eine Streitfrage, ob die rothen Körperchen darin immer nur in präformirten Bahnen circuliren, und ebenso ist es auch für das Knochenmark der Säugethiere unermittelt, ob darin die rothen Körperchen nicht auch ausserhalb der Gefässe (resp. in ihrem Umkreise) auftreten können. Zur Erreichung unseres Zweckes hatten wir mehrfache Schwierigkeiten zu besiegen: die Stücke vom zu untersuchenden Marke sollten derart erhärtet werden, dass sich davon recht dünne Schnitte herstellen liessen, worin die einzelnen Formbestandtheile, trotz der grossen Neigung des Gewebes zum Zerfalle, ihren natürlichen Ort beibehielten; ferner sollte den Kernen ihre Fähigkeit bewahrt werden, sich in Berührung mit geeigneten Tincturen zu färben; endlich, was noch wichtiger, sollte das Hämoglobin an die rothen Körperchen gebunden bleiben und die letzteren durch geeignete Reagentien wo möglich noch kenntlicher gemacht werden, damit ihre Gegenwart sowohl inner-

halb als eventuell auch ausserhalb der Gefässe mit Sicherheit nachgewiesen werden könnte. Nach vielfachen Versuchen sind wir zu einem Verfahren gekommen, das wir hier unten in der Anmerkung beschreiben und welches vollkommen unseren Anforderungen entsprach [1]). Wir haben sowohl Quer- als Längsschnitte des Markes verwendet. Letztere fanden wir meist anschaulicher. Da nämlich die Venen des Markes, wie schon erwähnt, einen radiären Verlauf einhalten, so erscheinen sie in tangentialen Längsschnitten scharf quer durchschnitten, so dass ihr Contour ausgeprägter hervortritt und die

---

[1]) Das mittelst einer schneidenden Zange aus seiner Knochenhülle befreite Mark bleibt 3 Tage lang in der Müller'schen Flüssigkeit liegen. Sodann bringt man es (ohne vorherige Waschung) in käuflichen Weingeist und lässt es darin in den obersten Schichten aufgehängt, damit das doppelt chromsaure Kali, das aus dem Gewebe austritt, in die untersten Schichten sinke und so das Auswaschen des Markes rascher bewerkstelligt werde. Der durch Bichromat gefärbte Weingeist wird so lange erneuert, bis er zuletzt keine sichtliche Färbung annimmt und das Mark vollständig erhärtet ist. Dann bringt man dieses zunächst in Wasser, wo es 10 Minuten liegen bleibt, und darauf in eine dünne Gummilösung, wo es etwa 24 Stunden zu verweilen hat. Zuletzt wird es wieder in mit etwas Wasser verdünnten käuflichen Weingeist gelegt, worin das Gummi erhärtet und das Mark zur Darstellung feiner Schnitte geeignet wird. Die allerfeinsten darunter bringt man mit dem Weingeiste, womit das Rasiermesser benetzt war, auf einen Objectträger. Hier befreit man sie durch Abtupfen mit Fliesspapier vom Weingeiste, und bedeckt sie sodann mit 2 oder 3 Tropfen guter Picrocarminlösung. Nach ein paar Stunden sind die Schnitte schön gefärbt. Man tupft dann wieder die Picrocarminlösung mit Fliesspapier ab und thut dafür Glycerin hinzu, das den überschüssigen Farbstoff aufnimmt. Das gefärbte Glycerin wird mittelst Fliesspapier aufgesogen und durch frisches Glycerin ersetzt. Dann legt man das Deckgläschen auf, wobei jedoch zwei Papierstückchen darunter gelassen werden, damit die zarten Markschnitte nicht durch das Gewicht des Deckgläschens zerquetscht werden. — Bei diesem Verfahren findet man im Allgemeinen die Kerne und die Leucocyten durch Carmin gefärbt, während die farbigen Körperchen durch die gelbe Färbung, die ihnen die Picrinsäure mittheilt, sehr deutlich abstechen. Indem der ganze Hergang auf ein und demselben Objectträger vollführt wird, ohne die Schnitte mit irgend einem Instrumente zu berühren, bleiben auch die zartesten Präparate intact. — Wollte man sich, statt des Glycerins, etwa des Wassers zum Auswaschen der Schnitte bedienen, so würden die farbigen Körperchen zu einem grossen Theile ihre Farbe verlieren und viele von ihnen unkenntlich werden.

in- und ausserhalb des Gefässes liegenden Elemente deutlicher unterschieden werden können.

Die Untersuchung derartiger Schnitte (Fig. 4) ergab uns folgende Resultate:

1. Das intervasale Gewebe besteht durchweg aus dicht aneinander gedrängten Leucocyten, die durch Carmin rosa gefärbt erscheinen, und aus einer wechselnden, im Allgemeinen aber spärlichen Anzahl Fettzellen. Auch an den gelungensten Präparaten und bei Anwendung der stärksten Objectiv-Vergrösserungen vermochten wir nie unter diesen Elementen rothe Körperchen oder irgend hämoglobinhaltige Zellen zu erblicken. Es erhellt daraus, dass die in Entwicklung begriffenenen rothen Körperchen (die von der Umwandlung perivasculärer Leucocyten herrührend und nach dieser Umwandlung in die Gefässe eingedrungen gedacht werden könnten) die Metamorphose ihres Protoplasmas zu Hämoglobin innerhalb der Gefässlumina vollführen; denn geschähe dieses ausserhalb der Gefässe, so müsste an unseren Präparaten ihre Anwesenheit daselbst durch ihren Hämoglobingehalt verrathen werden.

2. Die Lumina der Markvenen sind durch einen reichlichen, grossentheils aus farbigen Blutkörperchen bestehenden Inhalt ausgedehnt. Diese Körperchen, die schon durch den Hämoglobingehalt, den sie noch bewahren, kenntlich sind, werden es in noch höherem Maasse durch die glänzend-gelbe Färbung, die ihnen durch die Picrinsäure mitgetheilt wird. Doch ausser den farbigen sieht man in vielen Venen grosse Haufen weisser Körperchen, gewöhnlich an die Gefässwand angelehnt. Durch diese Beschaffenheit ihres Inhaltes zeichnen sich die Markgefässe bei den Vögeln vor allen anderen Gefässen des Körpers aus; und tritt, wie wir sehen werden, diese Eigenthümlichkeit der ersteren um so schärfer hervor, wenn die blutbildende Thätigkeit des Markes (wie dies bei anämischen Thieren der Fall) gesteigert ist, wogegen bei völligem Stillstande dieser Thätigkeit, wie dies im fettigen Marke zutrifft, solche Anhäufungen weisser Körperchen in den Gefässlichtungen vermisst oder nur sehr selten beobachtet werden.

Nachdem wir die im Marke gesunder Vögel vorkommenden Modificationen kennen gelernt, wandten wir uns zum Studium derjenigen, die im Gefolge der allgemeinen Anämie zu Stande kommen: denn es war zu erwarten, dass wenn das Knochenmark wirklich an der Production von Blutkörperchen Theil nimmt, es bei Steigerung dieser Production eine Aenderung in seiner Structur erfahren dürfte. Bei Säugethieren sind unter solchen Umständen Gewebsalterationen im Knochenmarke bereits nachgewiesen worden. Zuerst lieferte Bizzozero[1]) 1869 die kurze Beschreibung eines Falles, wo bei einer Frau, die nach einer Geburt in Folge der dabei erlittenen Blutverluste an Anämie gestorben war, besonders der Umstand in die Augen fiel, dass die in Entwicklung begriffenen rothen Körperchen „in enormer Anzahl vorhanden waren und den Durchmesser von gar 18 μ erreichten". Andere Forscher wie z. B. Foà, haben seither ähnliche Beobachtungen veröffentlicht, und 1877 gelang es Litten und Orth, bei einer Reihe experimenteller Untersuchungen[2]) in den Röhrenknochen von Säugethieren, die durch wiederholte Aderlässe anämisch gemacht worden waren, die Umwandlung des fettigen Markes zu rothem blutbildenden Marke zu erzielen.

Wir brachten bei Hühnern und Tauben, durch 3—4—5 und mehr Aderlässe (aus der Jugularis und den Flügelvenen), die in Intervallen von 3—5 Tagen wiederholt wurden und wobei die jedesmal entzogene Blutmenge 2—3% des Körpergewichts betrug, hochgradige Anämie zu Stande. Das Blut wird bei diesen Thieren mit ausserordentlicher Schnelligkeit ersetzt, so dass sie viel besser als Säugethiere Blutverluste ertragen.

Bei allen in dieser Weise behandelten Vögeln fanden wir das Knochenmark überaus reich an Vorstufen rother Blutkörperchen. Der Gegensatz zum normalen Verhalten stach besonders hervor, wenn wir zum Vergleiche das Mark gesunder und anämischer Thiere hintereinander untersuchten. Und wird dieser ungemeine Reichthum an Vorstufen rother Körperchen nicht nur in den kurzen, sondern auch

[1]) Bizzozero: Sul midollo dell ossa. Morgagni 1869.

[2]) Litten und Orth: Berlin. klin. Wochenschrift. December 1877.

in manchen Röhrenknochen, so z. B. im ganzen Femur und in den obern zwei Dritteln der Tibia angetroffen. Im übrigen Theile der Tibia und in den übrigen langen Knochen bleibt das Mark fettig. An dem wieder blutbildend gewordenen Knochenmarke konnten wir mittelst des oben beschriebenen Verfahrens auch genauere Studien über die gegenseitigen Beziehungen zwischen den Gewebselementen und den Blutgefässen anstellen. Fig. 5 stellt eben einen Längsschnitt aus dem Knochenmarke des Femur dar. Die wahrnehmbaren Veränderungen sind sowohl ausser- als innerhalb der Gefässe bemerklich. Im perivasculären Gewebe fällt vor Allem die starke Abnahme des Fettes auf. Statt der grossen und dicht aneinander gedrängten Fetttropfen von ziemlich gleichem Durchmesser, wie wir sie normal bei den Vögeln vorfinden, die seit mehreren Tagen in den Hühnersteigen des Laboratoriums gehalten und reichlich gefüttert wurden, sehen wir hier sehr spärliche Fetttropfen von höchst ungleichem Durchmesser, ja sehr viele darunter ganz winzig. Offenbar ist das Fett in Resorption begriffen, und der von demselben übriggelassene Raum wird von zahlreichen weissen Körperchen eingenommen, die alle Zwischenräume zwischen den Gefässen ausfüllen. Was aber besonders überraschend erscheint, das ist die sehr erhebliche Ausdehnung des Venennetzes und die Beschaffenheit seines Inhaltes. Die Gefässe dieses Netzes sind erweitert und tragen dadurch ihrerseits zur Ausfüllung des vom Fette freigelassenen Raumes bei. Nicht selten sieht man zwei oder drei Venenquerschnitte, die so weit geworden sind, dass sie beinahe in gegenseitige Berührung kommen. Was ihren Inhalt anlangt, so nehmen in den meisten venösen Gefässen die rothen Blutkörperchen nur einen kleinen centralen Raum ein; das ganze übrige Gefässlumen, bis an die äusserste Peripherie desselben, ist von Schichten weisser Blutkörperchen eingenommen; ja, nicht selten sieht man Querschnitte venöser Gefässe, deren ganzes Lumen von lauter weissen Körperchen ausgefüllt ist. Wir erwähnten bereits, dass auch bei gesunden Hühnern die Gefässlumina des Venennetzes öfters Haufen weisser Körperchen enthalten; doch erreicht dort dieser Befund bei weitem nicht die Ausdehnung und den Grad wie bei venäsecirten Thieren. — Kurz zusammengefasst,

haben wir im Marke anämischer Hühner: Abnahme des Fettes, sehr starke numerische Zunahme der in Entwicklung begriffenen rothen Körperchen und Bildung einer dicken Schicht weisser Körperchen in den Gefässlichtungen des Venennetzes.

Diese mikroskopischen Alterationen erklären uns auch die Aenderungen, welche das makroskopische Verhalten eines solchen Markes darbietet. Allgemein wird angenommen, dass bei anämischen Thieren die Umwandlung des fettigen Knochenmarkes zum functionellen deshalb auch für das unbewaffnete Auge erkennbar sei, weil dessen weisse oder gelbliche Färbung wegen Prävalenz des Blutes in roth oder röthlich übergehe. Nun trifft dieses, namentlich bei höheren Graden von Anämie, nicht zu; hier bleibt das Mark grau oder grauröthlich, weil an die Stelle des resorbirten Fettes nicht bloss etwa rothe Körperchen, sondern auch weisse getreten sind; ja, im Innern der Gefässe treten die letzteren sogar an die Stelle der rothen. Nun haben aber die weissen Körperchen, eben weil sie weiss sind, die Neigung, den Theilen, in deren Zusammensetzung sie eingehen, eine weisse Färbung zu ertheilen, die der des Markfettes der Vögel gleicht[1]). — Das fettige Mark schwimmt in der Müller'schen Flüssigkeit, während dasselbe Mark, wenn es blutbildend geworden ist, oft darin zu Boden sinkt. Das liegt an dem Schwunde des Fettes und wird auch nicht immer beobachtet, da noch Reste vom Fette immerhin zurückbleiben, andrerseits aber die weissen Körperchen nicht sehr schwer sind und z. B., wie allgemein bekannt, ein geringeres specifisches Gewicht besitzen als die rothen.

Im circulirenden Blute anämisch gemachter Hühner und Tauben sind die Vorstufen rother Blutkörperchen verhältnissmässig sehr selten anzutreffen. Solches könnte auf den ersten Blick mit unserer Behauptung, dass diese Formen in engem Zusammenhange mit der Blutbildung stehen, unvereinbar erscheinen. Wer indessen unsere obigen

[1]) Bei einer Reihe von Versuchen, die ich in diesem Jahre anstellte, fand ich, dass auch bei Hunden, nach copiösen und wiederholten Aderlässen, das Mark nicht roth, sondern grau wird. Auf diesen Gegenstand werde ich noch in einer künftigen Arbeit zurückzukommen Gelegenheit haben. Bizzozero.

Mittheilungen mit Aufmerksamkeit verfolgt hat, dem kann die Lösung dieses scheinbaren Widerspruches keine Schwierigkeit bereiten. In den Gefässen des Venennetzes nehmen die weissen Körperchen den peripherischen Theil des Lumens ein. Dieselben bleiben dort unbeweglich oder bewegen sich nur äusserst langsam; denn sonst müssten sie offenbar durch den fortwährend das Mark durchziehenden Blutstrom fortgerissen werden und würden sich die Markvenen durch ihren Inhalt in keiner Weise von anderen Venen des Körpers unterscheiden. Bedenken wir, wie spärlich und fein hier die Capillaren und wie stark dagegen das Venennetz entwickelt ist, so müssen wir schliessen, dass auch in dem der Axe zunächst liegenden und den rothen Blutkörperchen überlassenen Theile des Gefässlumens der Blutstrom sehr langsam sein dürfte. Ist dem so, warum wäre es nicht denkbar, dass die als Vorstufen rother Blutkörperchen fungirenden Zellen eben jenen unbeweglichen weissen Körperchen beigemengt wären und erst nach ihrer vollständigen Entwicklung gegen die Gefässaxe vordrängen, um sich den daselbst fortrollenden rothen Blutkörperchen beizugesellen? Einen indirecten Beweis dafür können wir aus einigen der oben entwickelten Thatsachen entnehmen. Die in Entwicklung begriffenen rothen Blutkörperchen enthalten Hämoglobin; da wir nun an den Querschnitten des erhärteten Markes sahen, dass alle hämoglobinhaltigen Elemente innerhalb der Gefässe liegen, so können die unreifen rothen Blutkörperchen nicht ausserhalb derselben enthalten sein.

Doch begnügten wir uns nicht mit dieser Betrachtung, sondern wollten einen directen Beweis liefern. Zu diesem Zwecke unternahmen wir den Versuch, in raschem Strome eine indifferente Flüssigkeit durch die Markgefässe hindurchzutreiben. Wenn die in Entwicklung begriffenen farbigen Blutkörperchen wirklich innerhalb der Gefässe liegen, so mussten doch einige derselben von dem Strome fortgerissen und in der ausfliessenden Flüssigkeit, die, so zu sagen, die Gefässe ausgewaschen hat, nachweisbar werden. Das Resultat entsprach unseren Erwartungen. Wir wählten eine 0,75 procentige Kochsalzlösung und spritzten sie in die Arteria femoralis ein, um sodann aus einer starken

Vena nutriens die durch das Gefässgebiet des Knochenmarkes durchgegangene Flüssigkeit aufzufangen. Der Versuch ist nicht leicht auszuführen, gelang uns aber bei Einhaltung des folgenden Verfahrens. Ein anämisches Huhn wird durch Verblutenlassen getödtet. Darauf wird der Oberschenkel exarticulirt und in die A. femoralis die Cannüle einer Spritze eingebunden. Sodann wird das Glied umgewendet und an der Aussenfläche des Unterschenkels, in der Höhe des mittleren und zum Theil des oberen Drittels desselben, die Haut longitudinal eingeschnitten. Während die Hautränder auseinander gezogen werden, dringt der Operateur mit einer Pincette zwischen die Muskeln ein, bis die Hinterfläche der Fibula erreicht ist. Ein an diesem Knochen herablaufender Arterienstamm wird abgehoben und sodann das mittlere Drittel der Fibula sammt einem grossen Theile des oberen Drittels resecirt. Nachdem auf solche Weise die Tibia blossgelegt worden ist, wird im hinteren äusseren Umfange derselben das Periost longitudinal eingeschnitten und von diesem Einschnitte aus von vorne nach hinten vom Knochen abpräparirt. Bald erblickt man das Foramen nutritium mit seinen Gefässen. Die Vene ist leicht zerreisslich, die Arterie nicht. Wird nun die Kochsalzlösung in die A. femoralis eingespritzt, so sieht man diese Lösung mit Blut gemischt aus der Vena nutriens hervorquellen. Die Flüssigkeit wird mittelst einer Pipette mit capillärer Spitze aufgefangen und unter das Mikroskop gebracht. Wurde der Versuch mit der nöthigen Sorgfalt ausgeführt, so sieht man unter den rothen und weissen Blutkörperchen eine wechselnde Anzahl jener Zellen, die wir als Vorstufen der ersteren kennen gelernt haben. Selten finden sich darunter die noch kugeligen Formen, wogegen sehr häufig die bereits ovalen angetroffen werden, die sich jedoch von den reifen Körperchen durch ihren noch kugeligen Kern, ihr schwächer gefärbtes Protoplasma, ihren blasseren Contour und ihre kleineren Durchmesser leicht unterscheiden lassen.

Aus den mitgetheilten Thatsachen ist der Schluss zu ziehen, dass die Production rother Blutkörperchen bei den Vögeln im Knochenmarke vor sich geht. Zu dieser Annahme bestimmt uns sowohl die

Betrachtung der im Marke vorkommenden Elementarformen als das Studium der Alterationen, die darin im Ausgleichsstadium schwerer Anämie zu Stande kommen.

Als wir an unsere Arbeit traten, hatten wir uns die Frage gestellt: ob bei den Vögeln die Milz an der Bildung rother Blutkörperchen Antheil nehme? — Im Laufe unserer Untersuchungen haben wir auch alle Mühe darauf verwendet diese Frage zu lösen, indem wir sorgfältig die Milz gesunder Thiere sowohl als anämischer untersuchten. Indess stiessen wir weder bei den einen, noch bei den anderen auf irgend eine Thatsache, welche mit einer Neoformation rother Blutkörperchen in der Milz in Zusammenhang gebracht werden könnte; nie haben wir in diesem Organe eine jener jugendlichen Formen rother Blutkörperchen angetroffen, die hingegen im Knochenmarke so zahlreich vertreten sind.

Demnach müssen wir bei den Vögeln, wenigstens bei den von uns untersuchten Arten, das Knochenmark für die einzige Bildungsstätte der rothen Blutkörperchen erklären[1]).

[1]) Die Ergebnisse der hier beschriebenen Studien wurden von uns im Januar 1880 der k. Akademie der Wissenschaften in Turin mitgetheilt und von dieser in ihren Akten veröffentlicht.

Erklärung der Abbildungen.

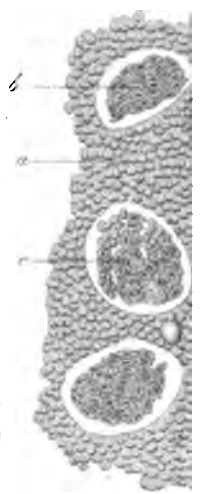
Fig. 1. Vogelblut (vom Sperling): *a* rothe Blutkörperchen; *b* grosse, fein granulirte weisse Blutkörperchen; — *c* kleine weisse Blutkörperchen. Verschiedene Formveränderungen eines auf dem Schultze'schen Wärmetische auf 38° C. erwärmten weissen Blutkörperchens; — *d* weisse Blutkörperchen der 4. Abart; — *e* weisses Blutkörperchen mit Stäbchen in seinem Inhalte; — *f* ein derartiges Körperchen, durch das Deckgläschen etwas flachgedrückt. Man sieht darin die Stäbchen und zwei Kerne. (Objectiv von Zeiss $^1/_{12}$; Immersion in Oel.)

Fig. 2. Rothes Mark vom Femur eines Huhnes: *a* verschiedene Entwicklungsstadien rother Körperchen; — *b* grosse weisse Blutkörperchen (Objectiv von Zeiss, $^1/_{18}$; Immersion in Oel).

Fig. 3. Querschnitt durch das fettige Knochenmark eines fastenden Huhnes: *a* Gefässe des Venennetzes, mit deutlicher kernhaltiger Membran und zum Theil collabirt; — *b* Zellen aus dem Stroma, noch fetthaltig; — *c* dgl., gänzlich des Fettes beraubt (Hartnack 3. v).

Fig. 4. Längsschnitt durch das Mark des Femur von einem gesunden nicht gemästeten Huhne: *a* eigenes Gewebe des Markes, fast ausschliesslich aus weissen Körperchen bestehend und nur wenige Fettzellen enthaltend; *b* Gefässe aus dem Venennetze, bluterfüllt. In einigen derselben (*c c*) sieht man grosse Haufen weisser Blutkörperchen (Hartnack 3. v).

Fig. 5. Längsschnitt durch das Knochenmark eines durch Aderlässe hochgradig anämisch gemachten Huhnes: *a* eigenes Markgewebe, fast ausschliesslich aus weissen Körperchen bestehend und nur wenige Fettzellen enthaltend; *b* Gefässe aus dem Venennetze, deren Lumen im centralen Theile von wenigen rothen Blutkörperchen eingenommen wird, während mehrere Schichten weisser Blutkörperchen den peripherischen Theil desselben ausfüllen.



Verlag von Emil

INHALT

des zwölften Bandes.

Seite

I. Ueber die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen. Von Dr. S. Fubini und J. Ronchi 1

II. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin 31

III. Ueber die Verdauungsverrichtung der Milz. Von A. Herzen . . 76

IV. Die Entwicklung des Menschen in den der Geschlechtsreife vorangehenden späteren Kindesjahren und im Jünglingsalter (von 7 bis 20 Jahren) im Verhältniss zum Geschlecht, zur Ethnographie und zu den Nahrungs- und Lebensbedingungen. Von Dr. L Pagliani. 89

V. Ueber den Einfluss des Lichtes auf die Kohlensäure-Ausscheidung bei den Batrachiern nach Wegnahme der Lungen. Von Dr. S. Fubini 100

VI. Die Ergebnisse neuerer Untersuchungen auf dem Gebiete der thierischen Elektricität. Von L. Hermann 113

VII. Versuche über die Anwendung der künstlichen Ischämie. Von Dr. S. Fubini unter Mitwirkung des Stud. med. Bono 143

VIII. Beiträge zur Physiologie des Parotisspeichels und des Schweisses. Von Dr. S. Fubini unter Mitwirkung des Stud. med. Ansermino . . 161

IX. Ueber den Wassergehalt einiger Horngewebe des menschlichen Körpers. Von Jac. Moleschott 175

X. Ueber das Wachsthum der Horngebilde des menschlichen Körpers und die damit verbundene Stickstoffausgabe. Von Jac. Moleschott 187

XI. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin 239

XII. Ueber die Wirkung des Viperngiftes. Von P. Albertoni 251

XIII. Ueber den Einfluss gemischten und farbigen Lichtes auf die Ausscheidung der Kohlensäure bei Thieren. Von Jac. Moleschott und S. Fubini 266

XIV. Ueber die Bildung und Rückbildung des Callus bei den Brüchen der Röhrenknochen. Von Daniele Bajardi 429

XV. Gewicht des centralen Nervensystems im Vergleich zu dem Körpergewicht der Thiere, bei Rana esculenta und Rana temporaria. Von Dr. S. Fubini 455

XVI. Ueber den Einfluss des Jodkaliums auf die Peptonisirung des Eiweisses. Vorläufige Mittheilung der Doctoren S. Fubini und G. M. Fiori 462
XVII. Beiträge zur Kenntniss des Winterschlafes der Murmelthiere. Von G. Valentin 466
XVIII. Ueber die Pathogenese der Epilepsie. Von P. Albertoni 473
XIX. Helminthologische Beobachtungen bezüglich der unter den Arbeitern am St.-Gotthard-Tunnel aufgetretenen endemischen Krankheit. Von Professor E. Perroncito 532
XX. Ueber den Einfluss der Alkaloide des Opiums auf den Chemismus der Athmung. Experimentalstudien an homöothermischen Thieren. Von S. Fubini in Turin 563
XXI. Beiträge zur Hämatologie. Von Prof. G. Bizzozero und Dr. G. Salvioli in Turin 595
XXII. Ueber die Aenderungen, welche der Hämoglobingehalt des Blutes in Folge von Blutentziehungen erfährt. Untersuchungen von Prof. G. Bizzozero und Dr. G. Salvioli 611
XXIII. Ueber die Entstehung und Entwicklung der rothen Blutkörperchen. Untersuchungen von Prof. G. Bizzozero u. Dr. A. A. Torre in Turin. 626

C. F. Winter'sche Buchdruckerei in Darmstadt.

41C1122